

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

LUCIANO ANDRÉ CHAVES FERREIRA

**ABELHAS SOLITÁRIAS (HYMENOPTERA, APOIDEA) QUE NIDIFICAM EM
CAVIDADES PRÉ-EXISTENTES EM ÁREA FRAGMENTADA, AMAZÔNIA
ORIENTAL**

SÃO LUÍS

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

LUCIANO ANDRÉ CHAVES FERREIRA

**ABELHAS SOLITÁRIAS (HYMENOPTERA, APOIDEA) QUE NIDIFICAM EM
CAVIDADES PRÉ-EXISTENTES EM ÁREA FRAGMENTADA, AMAZÔNIA
ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Biodiversidade e Conservação da Universidade
Federal do Maranhão, para obtenção do grau de mestre em
Biodiversidade e Conservação.

Orientadora: Dra. Patrícia Maia Correia de Albuquerque.

SÃO LUÍS

2019

Ferreira, Luciano André Chaves

Abelhas Solitárias (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em cavidades pré-existentes em área fragmentada, Amazônia Oriental / Luciano André Chaves Ferreira. – São Luis, 2019.

66f.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Patrícia Maia Correia de Albuquerque

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Maranhão, curso de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, 2019.

1. Diversidade 2. Ninho-armadilha 3. Amazônia Maranhense. 4. Fragmentação.

I. Título.

CDU_____

LUCIANO ANDRÉ CHAVES FERREIRA

Abelhas Solitárias (Hymenoptera, Apoidea) que nidificam em cavidades pré-existent em área fragmentada, Amazônia Oriental

A comissão julgadora dos trabalhos de defesa de Dissertação de mestrado, em sessão pública realizada em **27 / Fevereiro / 2019**, considera o candidato **APROVADO.**

Profa. Dra. Patrícia Maia Correia de Albuquerque – UFMA (Orientadora)

Profa. Dra. Isabel Alves dos Santos – USP (Membro externo)

Profa. Dra. Márcia Maria Corrêa Rêgo – UFMA (Membro interno)

Dedico à minha madrinha e avó paterna (*in memoriam*) que sempre se preocupou comigo e com o andamento deste trabalho, mesmo quando não teve mais forças para estar ao meu lado (fisicamente).

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de dizer que todo agradecimento é pouco, perto do que a minha família fez e continua fazendo por mim. Depositam em mim toda a esperança de conseguir um futuro brilhante e nisso, não medem esforços para ajudar no que puderem.

Agradeço imensamente à minha madrinha e avó paterna (*in memoriam*) por me incentivar a conduzir este trabalho e por ter me dado a alegria e o conforto de ser tão bem recebido em sua casa, a cada viagem de coleta. Mas eu agradeço principalmente pela sua preocupação em saber se tudo corria como planejado. Mesmo longe de casa, na UTI, ela sabia “de cabeça” o calendário inteiro das minhas viagens, e sempre perguntava se foi tudo bem, e se eu estava bem... em seus últimos dias de vida, fez questão de me conceder total liberdade para ficar em sua casa até o término do trabalho, e por isso é impossível descrever o quanto sou grato. Queria muito que você visse eu me tornando mestre, vó...

Agradeço muito aos meus pais (João e Maria), por terem me subsidiado todos os recursos que precisei ao longo dessa jornada, tanto físico quanto mentalmente. Por estarem ao meu lado desde a coleta piloto, me ajudando a montar e amarrar cada bateria de armadilhas, pelas inúmeras viagens que me acompanharam desde então, por perceberem o quanto eu estava abalado com a perda da minha avó, e com isso me deram forças para não desistir. Além deles, à Marinelza Aroucha (Mariazinha) que da mesma forma faz mais por mim do que por ela mesma. Agradeço a vocês, por confiarem em mim a realização de algo que infelizmente não tiveram oportunidade.

Igualmente grato, eu sou à família Soares Ferreira, no qual me deram total suporte em tudo, mesmo antes de eu saber que precisaria de determinada ajuda. Nesta incluem, minha tia Socorro, que foi praticamente minha segunda mãe em termos de cuidados e preocupação, meu tio José, que me proporcionou tantas histórias inspiradoras e engraçadas, minha prima Zilvane, que também me ajudou em vários momentos de sufoco e principalmente meu primo Celso, que merece um parágrafo à parte.

Arrisco a dizer que Celso Ferreira é tão digno deste título quanto eu, pois seu conhecimento prático somado às habilidades de campo o fazem um verdadeiro biólogo “raiz”. Pra começo de conversa, sem ele eu jamais conseguiria sequer montar e instalar as unidades amostrais do presente estudo. Jamais saberia resolver os inúmeros problemas técnicos que tivemos ao longo das coletas. E jamais conseguiria finalizar a amostragem sozinho. Agradeço pela parceria e companhia nas longas viagens por cada uma das 26

idas ao campo, por cada uma das dezenas de árvores escaladas, por cada aula de botânica, zoologia e até geografia que me foi dada, e por todas as conversas me fazia lembrar o quanto eu amo esta área do conhecimento. Por fim, creio eu, que aprendi muito mais com ele, do que ele comigo... muito obrigado, mesmo.

Ainda em âmbito familiar, não posso deixar de mencionar meus irmãos (Hugo e Kennedy) que também me apoiaram, em especial o Hugo que se dispôs a me acompanhar em uma viagem de 1126 km (São Luís – Carutapera, ida e volta) de direção. Além destes, também cito os meus tios: Francisco (Chico 19), por ter me levado inúmeras vezes à rodoviária em plena madrugada e Junielson (Janinho), por me acolher sempre que precisei.

Também devo agradecer à dona Lucimar, proprietária do Sítio do Prata, pela permissão da realização deste trabalho em seu lar, e que além disso, sempre me recebeu tão bondosamente. Mesmo já estando na casa dos 90, não media esforços para me ajudar sempre que possível, inclusive no levantamento do histórico de desmatamento da região. Deveria ser maravilhoso, toda aquela extensão preenchida de matas primárias frondosas.

Um obrigado especial à Karla Lopes, minha melhor amiga e namorada, pessoa no qual atura as minhas crises de ansiedade, desabafos e chatices em geral. Pessoa que acredita no meu potencial mais do que eu mesmo, que me motiva e me impede de desistir das coisas. “Enfim”, pela companhia, pelos consolos e também pela ajuda indireta na conclusão deste trabalho.

Agradeço também aos meus colegas do LEA (Laboratório de Estudos sobre Abelhas) pelo companheirismo, auxílios e descontrações rotineiras. Destaco Karine Lima, por ter me acompanhando por 11 meses, coletando material botânico, além de Denilson Martins, Albeane Guimarães, Mayra Nina, Maria Rodrigues e Rafael Pinto, doutorandos excepcionais os quais me inspiram em seguir seus passos. Além de Carlos Neves e Nelisnelson Barbosa, alunos de iniciação científica os quais cooriento, por somarem conhecimento e me fazerem progredir pessoal e profissionalmente.

Além destes, não poderia deixar de fora os meus colegas de turma da PPGBC – 2017, Ananda Saraiva, Aline Nascimento, Bruna Correia, Carlos Henrique, Daiana da Conceição, Erick Guimarães, Raymony Tayllon e Samara Serra, por todos os momentos difíceis ao longo das disciplinas, os quais nos apoiamos uns aos outros para que no fim pudéssemos conseguir tudo com um êxito memorável!

Meu apreço também se volta aos responsáveis pelo funcionamento do Programa. À ex-coordenadora Alana Aguiar, que nos recebeu muito bem na aula inaugural, e pelas inúmeras vezes que sanou minhas dúvidas sobre o regimento interno. À secretária Ana Lúcia, pela prontidão de resolver quaisquer burocracias que eventualmente aparecesse.

Juntamente, agradeço ao corpo docente por me conceder tantos ensinamentos e por ampliar a minha visão (e fascínio) pelo o funcionamento da natureza. Por isso farei questão de citar um a um.

À Catarina Miranda, pela assistência no delineamento experimental e análises estatísticas (mesmo antes das disciplinas iniciarem), à Luis Fernando e Larissa Barreto, pelas aulas de Biologia da Conservação, conhecimento base para o título em que estou recebendo, à Gilda Vasconcellos, pelo conhecimento que me foi dado sobre Ecologia das áreas de transição, assim como as inesquecíveis aulas de campo, à Juliano dos Santos, por compartilhar sua experiência de escrita científica, à Márcia Rêgo, por ter me dado a oportunidade de lecionar em algumas de suas aulas da graduação, como requisito de Estágio Docência, e à Eduardo Bezerra, por identificar minhas fraquezas (plantas) e explorá-las, com um único objetivo de me fazer fortalecer, por isso agradeço todas as críticas, puxões de orelha e observações, pois com toda certeza, tudo isso ajudou a me tornar melhor, em vários aspectos. A experiência dos Seminários serviu para explicitar justamente esta escalada de desenvolvimento pessoal, muito obrigado!

Agradeço também a outros profissionais que ajudaram diretamente no desenvolvimento deste trabalho, como: José Eustáquio, Felipe Vivallo, Denilson Martins e Diego Marinho pelas identificações e confirmações das espécies de abelhas coletadas, informações que são de extrema importância para um estudo deste tipo.

E devo também expressar gratidão à minha orientadora Patrícia Albuquerque, que há anos me ensina tantas e tantas lições valiosas, pelo comprometimento e confiança, e claro por todas as oportunidades a mim concedidas, para que eu pudesse finalizar mais este nível acadêmico, muito obrigado por tudo.

Por fim, agradeço à FAPEMA (Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Tecnológico do Maranhão) pelo financiamento deste projeto e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos.

*“If you're scientifically literate,
The world looks very different to you
And that understanding empowers you”*
(Neil deGrasse Tyson)

SUMÁRIO

RESUMO DA DISSERTAÇÃO	11
DISSERTATION ABSTRACT	12
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	14
INTRODUÇÃO GERAL	15
<i>Serviço Ecossistêmico</i>	16
<i>Bioma Amazônico</i>	18
<i>Crise da Biodiversidade</i>	19
Referências	20
Comunidade de Abelhas Solitárias (Hymenoptera, Apoidea) Residentes de um Remanescente Florestal, Amazônia Oriental	26
Resumo	27
Introdução	27
Material e Métodos	30
<i>Área de estudo</i>	30
<i>Método de amostragem</i>	31
<i>Análise dos dados</i>	32
Resultados	34
Discussão	37
Agradecimentos	43
Referências	44
Normas da Revista	58

RESUMO DA DISSERTAÇÃO

As abelhas solitárias representam 85% das espécies dentre os Apoidea e constitui-se peças fundamentais para o equilíbrio ecossistêmico das Florestas Tropicais, através do processo de polinização. O constante deterioramento das áreas naturais acaba por esgotar os sítios de nidificação, fundamentais para a sobrevivência desses insetos. Com o objetivo de avaliar a comunidade de abelhas solitárias em um ambiente florestal isolado, o presente estudo foi conduzido em um fragmento de Floresta Amazônica contendo 15 ha de cobertura vegetal, localizado no município de Carutapera, MA, Brasil. A amostragem das abelhas foi feita durante 12 meses (janeiro/2017 a dezembro/2017) em um transecto de 100 m no interior do fragmento, com a utilização de 360 ninhos-armadilhas com diâmetros de abertura variáveis (06 mm a 16 mm) distribuídos em 10 pontos equidistantes. A diversidade de abelhas foi mensurada através do índice de Shannon-Wiener (H') e uniformidade de Pielou (J'), além da classificação de cada espécie em função de sua Frequência de Ocorrência (FO) e Dominância (DM). Foram fundados 70 ninhos dos quais registrou-se 22 espécies de abelhas fundadoras e três parasitas. Apinae foi representada com 9 spp. e Megachilinae com 16 spp. Dentre os gêneros listados, destacaram-se *Megachile* e *Centris*, correspondendo respectivamente a 7 e 5 spp. da riqueza. As abelhas ocorreram durante todo o ano. Os meses com maior atividade de nidificação foram novembro, outubro e dezembro, em especial para *Anthodiocetes lunatus* que nidificou exclusivamente neste período (seco), enquanto *Euglossa hemichlora* demonstrou maior atividade associada à estação oposta (chuvosa). Apesar de 4 espécies terem sido dominantes, a comunidade no geral se mostrou uniforme ($J' = 0,78$) e diversa ($H' = 2,58$). Nosso estudo demonstrou que mesmo uma área tão restrita, pode abrigar um alto número de espécies de abelhas solitárias.

Palavras-chave: Diversidade, Ninho-armadilha, Amazônia Maranhense, Fragmentação.

DISSERTATION ABSTRACT

The solitary bees represent 85% of the species among the Apoidea and are fundamental for the balance of the Rainforests, as play a very valuable ecosystem service. However, the state of deterioration of the natural areas ends up interfering in the dynamism of the bee-plant interactions, in addition to depleting the nesting sites, fundamental for the survival of these insects. The present study was conducted in a fragment of the Amazon Forest with 15 hectares of vegetation cover located in Carutapera, MA, Brazil. The objective of this study was to evaluate the community of solitary bees in an isolated forest environment. The bees were sampled for 12 months (January / 2017 to December / 2017) in a 100 m transect inside the fragment of the area, using 360 nests-traps with variable opening diameters (06 mm to 16 mm) distributed in 10 equidistant points. A total of seventy nests of 22 bee species and three parasites were collected. Apinae represented with 9 spp. and Megachilinae with 16 spp. Among the listed genera, *Megachile* and *Centris*, corresponded respectively to 7 and 5 spp. of the wealth. The bees came all year round. The months with the highest nesting activity were November, October and December, especially for *Anthodiocetes lunatus* that exclusively nest during this period (dry), while *Euglossa hemichlora* showed higher activity associated with the rainy season. Although 4 species were dominant, the community was generally uniform ($J = 0.78$) and diverse ($H = 2.58$). Our study has shown that even in such a restricted area, it can keep a high number of solitary bee species.

Keywords: Diversity, Trap Nest, Eastern Amazon, Fragmentation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica do fragmento florestal estudado, no município de Carutapera, MA, Brasil.

Figura 2. (A) Delineamento experimental: Unidades amostrais distribuídas em três transectos de 150 metros, cada transecto contendo dez pontos amostrais equidistantes, sendo cada ponto (B), constituído de 12 ninhos-armadilhas com diferentes diâmetros de abertura (6, 8, 10, 12, 14 e 16 mm), totalizando 360 ninhos.

Figura 3. Diagrama de Whittaker (rank/abundância) da abundância de ninhos amostrados no período de janeiro a dezembro de 2017, Carutapera, MA, Brasil.

Figura 4. Distribuição amostral da riqueza e abundância de abelhas solitárias e precipitação mensal no período de janeiro a dezembro de 2017, Carutapera, MA, Brasil.

Figura 5. Estimadores não paramétricos de riqueza (ICE, ACE, Bootstrap) em relação a curva de acumulação de espécies observadas (Sobs) no período de janeiro a dezembro de 2017, Carutapera, MA, Brasil.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Espécies de abelhas solitárias registradas em Carutapera MA, Brasil no período de janeiro a dezembro de 2017; abundância absoluta (n) e relativa (%) de ninhos fundados, indivíduos emergidos, diâmetros utilizados (mm) e ninhos parasitados; classes de dominância (DM): D = dominante, A = acessória, OC = ocasional; frequência de ocorrência (FO): MF = muito frequente, F = frequente, PF = pouco frequente; classificação da espécie (CE): C = comum, I = intermediária, R = rara.

Tabela 2. Lista de trabalhos realizados no Brasil com a utilização de ninhos-armadilhas; bioma, fisionomia, número de amostras (n = meses), número de armadilhas (n = unidades de ninhos), diâmetros de aberturas (mm = milímetros), abundância (n = número de nidificações), riqueza (S = número de espécies) e proporção (% do número de armadilhas nidificadas em função do número de armadilhas dispostas).

INTRODUÇÃO GERAL

As abelhas compõem um grupo de insetos (Hymenoptera, Apoidea) extremamente diversificado, estimando-se a ocorrência de mais de 20 mil espécies distribuídas em todo o mundo (MICHENER, 2007), das quais 85% delas têm hábito solitário (BATRA, 1984). Este comportamento caracteriza-se pela ausência da divisão de trabalho entre fêmeas de uma mesma geração ou cooperação entre mãe e filhas, sendo, portanto, a fêmea autônoma em todas as etapas de construção e aprovisionamento de seus próprios ninhos (KROMBEIN, 1967; MICHENER; BROTHERS, 1974).

Embora este padrão já seja conhecido, pouco se sabe sobre o comportamento de nidificação para a maioria das espécies, uma vez que exista um enorme conjunto de hábitos (GARÓFALO, 2000) e variáveis que influenciam neste processo (YOON et al., 2015).

O clássico estudo de Krombein (1967) constatou que a maioria das espécies de abelhas solitárias nidifica em solo, enquanto outras (principalmente Apinae e Megachilinae) preferem a madeira, construindo seus ninhos em troncos, galhos e ramos de árvores. Apesar de algumas espécies possuírem o hábito obrigatório de escavar a madeira (CAMILLO; GARÓFALO, 1982), as demais optam por se apossar de cavidades pré-existentes para a fundação de seus ninhos (GARÓFALO; MARTINS, 2004).

Estas cavidades compreendem orifícios naturais de plantas lenhosas, perfurações feitas por besouros ou outros insetos em forma de galerias, em gomos de bambu, barrancos e ninhos abandonados de outras espécies (CAMILLO et al., 1995). Além destas, existem também cavidades artificiais, geradas a partir das construções humanas, como paredes de taipa e alvenaria, das quais expõem um expressivo número de cavidades em tijolos (FORTEL et al., 2014).

Por conta deste comportamento, as espécies de abelhas solitárias que nidificam em cavidades pré-existentes acabaram sendo melhor estudadas em razão do desenvolvimento de uma metodologia para atração das mesmas. Os ninhos-armadilhas, aperfeiçoado por Krombein (1967), consiste em peças de madeira com uma perfuração longitudinal de abertura variável, simulando um orifício natural pronto para ser ocupado por uma fêmea fertilizada.

O baixo custo do material utilizado, aliado a alta eficiência amostral, tornou esta técnica popular em várias regiões do mundo (GARÓFALO; MARTINS, 2004), especialmente no Brasil, onde Serrano e Garófalo (1978) foram pioneiros. Inicialmente o principal uso deste método foi o registro de ocorrência de espécies residentes de um determinado ambiente, evitando enviesamentos ocasionados por espécies transitórias (CAMILLO et al., 1995; MORATO; CAMPOS, 2000b).

No entanto, posteriormente descobriu-se uma série de possibilidades para extração de informações mediadas pelos ninhos-armadilhas, tais como: os efeitos das alterações de hábitat e qualidade ambiental (MORATO; CAMPOS, 2000a; TSCHARNTKE; GATHMANN, 1998), padrões na estratificação vertical em floresta (MORATO, 2001a), relações interespecíficas (parasitismo) (LOYOLA; MARTINS, 2008; MORATO; MARTINS, 2006), conhecimento sobre a arquitetura interna dos ninhos (CAMAROTTI-DE-LIMA; MARTINS, 2005), além dos recursos necessários para construção dos mesmos e aprovisionamento das crias (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2004; CARVALHO et al., 2016; DÓREA et al., 2009).

Por conta deste método e da dependência das abelhas pelos recursos, principalmente vegetais, a biologia da nidificação consolidou-se como uma linha de estudo. A qual trata das redes de interações das abelhas com as fontes alimentares e suprimentos necessários para sua sobrevivência (MARINHO; MUNIZ; AZEVEDO, 2018; MORATO, 2001b; REGO et al., 2006).

Serviço Ecossistêmico

Usualmente, as abelhas utilizam recursos florais como resinas e óleos para construção dos ninhos (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2004); compostos aromáticos para atração de parceiros sexuais e demarcação territorial (ROCHA-FILHO et al., 2012) e néctar e pólen como fontes de alimento (WCISLO; CANE, 1996). Durante o forrageamento para a coleta desses recursos, as abelhas desempenham um importante papel na natureza, a polinização (TAURA; LAROCA, 2004). Processo pelo qual ocorre a transferência polínica do órgão sexual masculino (antera) ao órgão sexual feminino (estigma), sendo, portanto, uma etapa fundamental na reprodução das angiospermas.

Sendo o principal grupo de polinizadores, as abelhas apresentam uma série de adaptações (morfológicas, fisiológicas ou etológicas) para coleta, manipulação e transporte do pólen para o seu ninho (THORP, 1979). Frequentemente, as comunidades de abelhas e plantas são consideradas sistemas dinâmicos e complementares, onde ocorrem interações benéficas do tipo mutualismo (PRICE et al., 2011). De acordo com Wratten et al. (2012), a polinização trata-se de um serviço ecossistêmico por gerar benefícios não só para nós humanos, como também para os sistemas naturais envolvidos.

Em relação às plantas cultivadas, a polinização promove um considerável aumento da produção de sementes e qualidade dos frutos gerados (GRESSLER; PIZO; MORELLATO, 2006; MALAGODI-BRAGA; KLEINERT, 2004), ocasionando por consequência o incremento da produtividade e sistemas agrícolas mais sustentáveis (DAINESE et al., 2017; NUNES-SILVA et al., 2013). Estima-se que 75% das culturas agrícolas mais consumidas mundialmente são melhoradas pelo processo de polinização natural, influenciando em 35% do suprimento alimentar humano (KLEIN et al., 2007). Isso acabou tornando-o economicamente chamativo, pois de acordo com a FAO (2004), os serviços ecossistêmicos da polinização correspondem a cerca de 10% do PIB agrícola, representando a notável marca de U\$ 200 bilhões/ano, no mundo.

Além destes benefícios antropogênicos, a principal função da polinização como processo ecológico é a alteração positiva e/ou manutenção da qualidade do hábitat em decorrência de vários níveis de complexidade (BEDUSCHI et al., 2018). Na escala de paisagem, a polinização mantém a integridade genética das espécies botânicas, que por consequência fornecem outros serviços de escala mais ampla como: sequestro de gás carbônico da atmosfera, fixação do nitrogênio no solo, manutenção dos lençóis freáticos, prevenção da erosão e fornecimento de alimento e habitat para a maioria das formas de vida aquáticas e terrestres (BEDUSCHI et al., 2018; LIVESLEY; MCPHERSON; CALFAPIETRA, 2016; MITCHELL et al., 2015; NOWAK; POUDYAL; MCNULTY, 2017).

A ecologia da polinização em regiões florestais é particularmente importante. Espécies arbóreas de zonas temperadas e tropicais são substancialmente distintas a respeito dos agentes polinizadores e dispersores de sementes. A maioria das espécies arbóreas temperadas tem seu pólen e sementes dispersas pelo vento, enquanto que 98% das espécies arbóreas tropicais são polinizadas por animais (polinização biótica), sendo

os insetos a grande maioria destes representantes (KRESS; BEACH 1994; RAMIREZ, 1989). Nas florestas neotropicais, a importância relativa desses polinizadores varia de acordo com o estrato da floresta e o grau de heterogeneidade de uma fisionomia para outra (BAWA et al., 1985; RAMIREZ, 1989).

Bioma Amazônico

A floresta amazônica é o ecossistema de maior diversidade de organismos e complexidade de relações ecológicas do mundo (GENTRY, 1992), sendo, portanto, um detentor de grande variedade de nichos para as abelhas (VENTURIERI; LEON, 2012). No entanto, pouco se conhece sobre as interações ecológicas lá existentes, principalmente das espécies arbóreas, devido à dificuldade de se realizar estudos no nível do dossel, onde ocorrem grande parte dos processos reprodutivos (BAWA, 1990; FREITAS; CAVALCANTE, 2008; PRANCE, 1985).

O conhecimento sobre padrões de diversidade e distribuição de abelhas solitárias da região amazônica central e ocidental, devem-se principalmente aos trabalhos de Morato e seus colaboradores (MORATO, 2001a; MORATO; CAMPOS, 2000a; MORATO; GARCIA; CAMPOS, 1999; MORATO; MARTINS, 2005). Estes estudos avaliaram principalmente os efeitos negativos da fragmentação florestal sobre a comunidade de abelhas residentes sob vários aspectos.

Na porção oriental da amazônia, Rebêlo et al. (2011) apontaram uma preocupante incipiência de conhecimento da fauna de abelhas, tendo apenas três trabalhos conduzidos na margem periférica do bioma (BRITO; RÊGO, 2001; SILVA; REBÊLO, 1999, 2002).

A Amazônia Maranhense mesmo sendo marginal, apresenta uma enorme riqueza biológica distribuída em diversas fisionomias, gerando, portanto, uma alta heterogeneidade ambiental (MUNIZ, 2011). Contudo, Araújo et al. (2011) ao compilarem um conjunto de dados geográficos da área, constataram um alto grau de desmatamento e, conseqüentemente, de degradação ambiental da floresta amazônica do Estado. As informações quantitativas mostraram que as áreas fragmentadas cresceram 7,5% em apenas 20 anos (795.909,64 ha de áreas desmatadas).

Atualmente os recortes da paisagem são determinados por ilhas de vegetações, muitas vezes sem conectividade entre si, e em constante pressão exercida pelos efeitos de borda (CELENTANO et al., 2017; ZUIDEMA; SAYER; DIJKMAN, 1996).

Crise da Biodiversidade

A degradação das florestas tropicais tem ocasionado a redução ou perda de habitats, diminuição da oferta de alimentos e sítios de nidificação, fatores determinantes para a permanência das abelhas solitárias em uma área (CANE, 2001). Alguns autores têm associado estes fatores com o declínio generalizado de populações de abelhas em todo o mundo (BARTHOLOMEUS; CALDERS, 2013; POTTS et al., 2010). Como consequência, é possível que as interações ecológicas sejam seriamente comprometidas, como visto por Schenk et al. (2018), além do tamanho das populações sofrerem uma redução e causarem uma consequente limitação na variabilidade genética dentro das mesmas (WALDSCHMIDT et al., 2005).

Além da perda de cobertura vegetal resultante da ação antrópica, outras causas têm sido apontadas para este problema, como o uso de agentes agrotóxicos (inseticidas neonicotinóides) e as mudanças climáticas (BROWN; PAXTON, 2009; ZAYED; ROUBIK; PACKER, 2004).

Embora essas diferentes ameaças aos polinizadores tenham sido reconhecidas há algum tempo (KEARNS; INOUE; WASER, 1998), a maioria das pesquisas se concentrou em casos isolados e negligenciou a complexidade do problema, explicando apenas parcialmente as causas e consequências do declínio dos polinizadores, especialmente porque grande parte deles investiga somente as espécies sociais produtoras de mel (ALAUX et al., 2011; RUNCKEL et al., 2011).

Diante deste cenário, onde os ambientes naturais vêm sofrendo diversas alterações levando à perda de habitats de forma acelerada, somada à escassez de conhecimentos sobre a fauna de abelhas solitárias, em especial na Amazônia Maranhense, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos e estratégias de conservação que visem a preservação e o conhecimento dos mesmos, contribuindo para a integridade das relações ecológicas e manutenção do ecossistema.

Referências

- ALAUX, C. et al. Pathological effects of the microsporidium *Nosema ceranae* on honey bee queen physiology (*Apis mellifera*). **Journal of invertebrate pathology**, v. 106, n. 3, p. 380–385, 2011.
- ALVES-DOS-SANTOS, I. et al. Nesting biology of some Brazilian Anthodiocetes species Holmberg 1903 (Anthidiini, Megachilidae). In: **PROCEEDINGS OF THE 8TH IBRA INTERNATIONAL CONFERENCE ON TROPICAL BEES**. cabdirect.org, 2004
- ARAÚJO E.P., LOPES J.R., FILHO R.C. Aspectos socioeconômicos e de evolução do desmatamento na Amazônia maranhense. In: **Amazônia Maranhense diversidade e conservação**. [s.l: s.n.]. p. 34–44, 2011.
- BARTHOLOMEUS, H.; CALDERS, K. Monitoring the “lungs of the earth”. **2013 Yearbook of the Environmental**, 2013.
- BATRA, S. W. T. Solitary Bees. **Scientific American**, v. 250, n. 2, p. 120–127, 1984.
- BAWA, K. S. et al. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. **American journal of botany**, v. 72, n. 3, p. 346–356, 1985.
- BAWA, K. S. Plant-Pollinator Interactions in Tropical Rain Forests. **Annual review of ecology and systematics**, v. 21, p. 399–422, 1990.
- BEDUSCHI, T. et al. Spatial community turnover of pollinators is relaxed by semi-natural habitats, but not by mass-flowering crops in agricultural landscapes. **Biological conservation**, v. 221, p. 59–66, 2018.
- BRITO, C. M. S.; RÊGO, M. M. C. Community of male Euglossini bees (Hymenoptera: Apidae) in a secondary forest, Alcântara, MA, Brazil. **Brazilian journal of biology**, v. 61, n. 4, p. 631–638, 2001.
- BROWN, M. J. F. F.; PAXTON, R. J. The conservation of bees: a global perspective. **Apidologie**, v. 40, n. 3, p. 410–416, 2009.
- CAMAROTTI-DE-LIMA, M. F.; MARTINS, C. F. Biologia de nidificação e aspectos ecológicos de *Anthodiocetes lunatus* (Smith) (Hymenoptera: Megachilidae, Anthidiini) em área de tabuleiro nordestino, PB. **Neotropical entomology**, v. 34, n. 3, p. 375–380, 2005.
- CAMILLO, E. et al. Diversidade e abundância sazonal de abelhas e vespas solitárias em ninhos armadilhas (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata). **Revista brasileira de entomologia**, v. 39, n. 2, p. 459–470, 1995.
- CAMILLO, E.; GARÓFALO, C. A. On the bionomics of *Xylocopa frontalis* (Olivier) and *Xylocopa grisescens* (Lepeletier) in southern Brazil. I. Nest construction and biological cycle. **Revista brasileira de biologia**, v. 42, p. 571–582, 1982.
- CANE, J. H. Habitat fragmentation and native bees: a premature verdict? **Conservation Ecology**, v. 5, n. 1, 2001.
- CARVALHO, G. C. A. et al. Nesting habits of *Centris (Hemisiella) dichrotricha* (Hymenoptera: Apidae) in the Northern Cerrado of Brazil. **Revista de Biología Tropical**, v. 64, n. September, p. 1041–1056, 2016.

- CELENTANO, D. et al. Towards zero deforestation and forest restoration in the Amazon region of Maranhão state, Brazil. **Land use policy**, v. 68, p. 692–698, 2017.
- DAINESE, M. et al. Managing trap-nesting bees as crop pollinators: Spatiotemporal effects of floral resources and antagonists. **The Journal of applied ecology**, v. 55, n. 1, p. 195–204, 2017.
- DÓREA, M. C. et al. Análise polínica do resíduo pós-emergência de ninhos de *Centris tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae, Centridini). **Neotropical entomology**, v. 38, n. 2, p. 197–202, 2009.
- FAO. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture – the international response. In: FREITAS, B.M.; PEREIRA, J.O.P. **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. p. 19-25, 2004.
- FORTEL, L. et al. Decreasing abundance, increasing diversity and changing structure of the wild bee community (Hymenoptera: Anthophila) along an urbanization gradient. **PloS one**, v. 9, n. 8, p. e104679, 2014.
- FREITAS, B. M.; CAVALCANTE, M. C. Visitantes Florais e Polinização da Castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) em Cultivo Comercial na Floresta Amazônica. **Anais do VIII Encontro sobre Abelhas**. 58-64 .2008
- GARÓFALO, C. A. Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) que utilizam ninhos-armadilha em fragmentos de matas do Estado de São Paulo. **Anais do Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto**, v. 4, p. 121–128, 2000.
- GARÓFALO, C. A.; MARTINS, C. F. Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. **Fortaleza, Imprensa Universitária**. 77-84, 2004.
- GENTRY, A. H. Tropical Forest Biodiversity: Distributional Patterns and Their Conservational Significance. **Oikos**, v. 63, n. 1, p. 19–28, 1992.
- GRESSLER, E.; PIZO, M. A.; MORELLATO, L. P. C. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 4, p. 509–530, 2006.
- KEARNS, C. A.; INOUE, D. W.; WASER, N. M. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. **Annual review of ecology and systematics**, p. 83–112, 1998.
- KLEIN, A.-M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings. **Biological sciences / The Royal Society**, v. 274, n. 1608, p. 303–313, 2007.
- KRESS W.J., J.H. BEACH. Flowering plant reproductive systems. In: McDade L.A., K.S. Bawa, H.A. Hespenheide & G.S. Hartshorn (eds), La Selva. **Ecology and natural history of neotropical rain forest**. University Chicago, Chicago, pp. 161-182, 1994.
- KROMBEIN, K. V. Trap-nesting wasps and bees: life histories, nests, and associates. [s.l.] **Smithsonian Press**; 1st edition, p. 570, 1967.
- LIVESLEY, S. J.; MCPHERSON, G. M.; CALFAPIETRA, C. The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. **Journal of environmental quality**, v. 45, n. 1, p. 119–124, 2016.

- LOYOLA, R. D.; MARTINS, R. P. Habitat structure components are effective predictors of trap-nesting Hymenoptera diversity. **Basic and applied ecology**, v. 9, n. 6, p. 735–742, 2008.
- MALAGODI-BRAGA, K. S.; KLEINERT, A. M. P. "Could *Tetragonisca angustula* Latreille (Apinae, Meliponini) be effective as strawberry pollinator in greenhouses?" **Australian Journal of Agricultural Research**.55, no. 7: 771-773, 2004.
- MARINHO, D.; MUNIZ, D. B.; AZEVEDO, G. G. Nesting biology of three Megachile (Hymenoptera: Megachilidae) species from Eastern Amazonia, Brazil. **Revista brasileira de entomologia**, v. 62, n. 2, p. 97–106, 2018.
- MICHENER, C. D. The Bees of the World 2nd. [s.l.] **The Johns Hopkins University Press, Baltimore**, 2007.
- MICHENER, C. D.; BROTHERS, D. J. Were workers of eusocial hymenoptera initially altruistic or oppressed? **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 71, n. 3, p. 671–674, 1974.
- MITCHELL, M. G. E. et al. Reframing landscape fragmentation's effects on ecosystem services. **Trends in ecology & evolution**, v. 30, n. 4, p. 190–198, 2015.
- MORATO, E. F. Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias na Amazônia Central. II. estratificação vertical. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, n. 3, p. 737–747, 2001a.
- MORATO, E. F. Biologia e ecologia de *Anthodiocetes moratoi* Urban (Hymenoptera, Megachilidae, Anthidiini) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia Central, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, n. 3, p. 729–736, 2001b.
- MORATO, E. F.; CAMPOS, L. A. O. Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 17, n. 2, p. 429–444, 2000a.
- MORATO, E. F.; CAMPOS, L. A. O. Partição de recursos florais de espécies de *Sida* Linnaeus e *Malvastrum coromandelianum* (Linnaeus) Garcke (Malvaceae) entre *Cephalurgus anomalus* Moure & Oliveira (Hymenoptera, Andrenidae, Panurginae) e *Melissoptila cnecomala* (Moure) (Hymenoptera, Apidae, E. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 17, n. 3, p. 705–727, 2000b.
- MORATO, E. F.; GARCIA, M. V. B.; CAMPOS, L. A. O. Biologia de *Centris* Fabricius (Hymenoptera, Anthophoridae, Centridini) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, n. 4, p. 1213–1222, 1999.
- MORATO, E. F.; MARTINS, R. P. Diversidade e composição da fauna de vespas e abelhas solitárias do Estado do Acre, Amazônia Sul-Occidental. **Fauna do Acre. Rio Branco: EDUFAC**, p. 11–40, 2005.
- MORATO, E. F.; MARTINS, R. P. An overview of proximate factors affecting the nesting behavior of solitary wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) in preexisting cavities in wood. **Neotropical entomology**, v. 35, n. 3, p. 285–298, 2006.
- MUNIZ, F. H. Efeito do manejo florestal sobre a composição florística e fitossociologia da floresta na Amazônia maranhense. In: MARTINS, M. B., OLIVEIRA, T. G. O. (Ed.). **Amazonia maranhense: Diversidade e conservação**. [s.l.: s.n.]. p. 118–140, 2011.

- NOWAK, D. J.; POUDYAL, N. C.; MCNULTY, S. G. Forest ecosystem services: Carbon and air quality. General Technical Report SRS-226. Asheville, NC: US **Department of Agriculture Forest Service, Southern Research Station.**, v. 226, p. 49–63, 2017.
- NUNES-SILVA, P. et al. Stingless bees, *Melipona fasciculata*, as efficient pollinators of eggplant (*Solanum melongena*) in greenhouses. **Apidologie**, v. 44, n. 5, p. 537–546, 2013.
- POTTS, S. G. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in ecology & evolution**, v. 25, n. 6, p. 345–353, 2010.
- PRANCE, G. T. The pollination of Amazonian Plants, **Amazonia**. 1985.
- PRICE, P. W. et al. Insect Ecology: Behavior, Populations and Communities. [s.l.] **Cambridge University Press**, 2011.
- RAMIREZ, N. Biología de Polinización en una Comunidad Arbustiva Tropical de la Alta Guayana Venezolana. **Biotropica**, v. 21, n. 4, p. 319, 1989.
- REBÊLO J.M.M., RÊGO M.M.C., ALBUQUERQUE P.M.C. Distribuição, uso e conservação de abelhas – Hymenoptera, Apidae – na Amazônia maranhense. In: **Amazônia Maranhense diversidade e conservação**. [s.l.: s.n.]. p. 178–191, 2011.
- RÊGO, M. M. C. et al. Aspectos da biologia de nidificação de *Centris flavifrons* (Friese) (Hymenoptera: Apidae, Centridini), um dos principais polinizadores do murici (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth, Malpighiaceae), no Maranhão. **Neotropical entomology**, v. 35, n. 5, p. 579–587, 2006.
- ROCHA-FILHO, L. C. et al. Floral Resources Used by Euglossini Bees (Hymenoptera: Apidae) in Coastal Ecosystems of the Atlantic Forest. **Psyche; a journal of entomology**, v. 2012, p. 1–13, 2012.
- RUNCKEL, C. et al. Temporal analysis of the honey bee microbiome reveals four novel viruses and seasonal prevalence of known viruses, Nosema, and Crithidia. **PloS one**, v. 6, n. 6, p. e20656, 2011.
- SCHENK, M.; KRAUSS, J.; HOLZSCHUH, A. Desynchronizations in bee-plant interactions cause severe fitness losses in solitary bees. **The Journal of animal ecology**, v. 87, n. 1, p. 139–149, 2018.
- SERRANO, J. C.; GARÓFALO, C. A. Utilização de ninhos artificiais para o estudo bionômico de abelhas e vespas solitárias. **Revista brasileira de entomologia**, v. 31, p. 237–241, 1978.
- SILVA, F. S.; REBÊLO, J. M. M. Euglossine bees (Hymenoptera, Apidae) of Buriticupu, Amazonia of Maranhão, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 24, n. 4, p. 587–599, 1999.
- SILVA, F. S.; REBÊLO, J. M. M. Population dynamics of euglossinae bees (Hymenoptera, Apidae) in an early second-growth forest of Cajual Island, in the state of Maranhão, Brazil. **Brazilian journal of biology**, v. 62, n. 1, p. 15–23, 2002.
- TAURA, H. M.; LAROCA, S. Biologia da Polinização: interações entre as abelhas (Hym., Apoidea) e as flores de *Vassobia breviflora* (Solanaceae). **Acta Biológica Paranaense**, v. 33, 2004.

THORP, R. W. Structural, Behavioral, and Physiological Adaptations of Bees (Apoidea) for Collecting Pollen. **Annals of the Missouri Botanical Garden**. Missouri Botanical Garden, v. 66, n. 4, p. 788, 1979.

TSCHARNTKE, T.; GATHMANN, A. Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. **Journal of applied**, 1998.

VENTURIERI, G. C.; LEON, F. A. Biodiversidade de Abelhas na Amazônia: os Meliponíneos e seu Uso na Polinização de Culturas Agrícolas. **III Semana dos Polinizadores: palestras e resumos**, p. 26, 2012.

WALDSCHMIDT, A. M. et al. Genetics of Euglossini bees (Hymenoptera) in fragments of the Atlantic Forest in the region of Viçosa, MG. **Brazilian journal of biology**, v. 65, n. 3, p. 541–549, 2005.

WCISLO, W. T.; CANE, J. H. Floral resource utilization by solitary bees (Hymenoptera: Apoidea) and exploitation of their stored foods by natural enemies. **Annual review of entomology**, v. 41, p. 257–286, 1996.

WRATTEN, S. D. et al. Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 159, p. 112–122, 2012.

YOON, H. J. et al. Effects of location, direction, altitude, and placement of trap nests on the rate of trap-nesting of *Osmia* solitary bees. **Journal of Asia-Pacific entomology**, v. 18, p. 258–258, 2015.

ZAYED, A.; ROUBIK, D. W.; PACKER, L. Use of diploid male frequency data as an indicator of pollinator decline. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, v. 271 Suppl 3, p. S9–12, 2004.

ZUIDEMA, P. A.; SAYER, J. A.; DIJKMAN, W. Forest fragmentation and biodiversity: the case for intermediate-sized conservation areas. **Environmental conservation**, v. 23, n. 4, p. 290–297, 1996.

MANUSCRITO A SER ENVIADO À REVISTA **BIOTA NEOTROPICA**

Luciano André Chaves Ferreira
Laboratório de Estudo sobre Abelhas, Av. dos Portugueses, 1966,
Campus do Bacanga, CEP: 65080-805, São Luís, MA, Brasil.
lucianochaves03@gmail.com

Comunidade de Abelhas Solitárias (Hymenoptera, Apoidea) Residentes de um
Remanescente Florestal, Amazônia Oriental

L. A. C, Ferreira¹ e P. M. C, Albuquerque²

¹ Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal
do Maranhão – UFMA. São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail:
lucianochaves03@gmail.com

² Laboratório de Estudos sobre Abelhas, Departamento de Biologia, Universidade
Federal do Maranhão. Cidade Universitária, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, CEP:
65080-805. São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: patemaia@gmail.com

32 **Resumo**

33 As abelhas solitárias representam 85% das espécies dentre os Apoidea e constitui-se peças
34 fundamentais para o equilíbrio ecossistêmico das Florestas Tropicais, através do processo
35 de polinização. O constante deterioramento das áreas naturais acaba por esgotar os sítios
36 de nidificação, fundamentais para a sobrevivência desses insetos. Com o objetivo de
37 avaliar a comunidade de abelhas solitárias em um ambiente florestal isolado, o presente
38 estudo foi conduzido em um fragmento de Floresta Amazônica contendo 15 ha de
39 cobertura vegetal, localizado no município de Carutapera, MA, Brasil. A amostragem das
40 abelhas foi feita durante 12 meses (janeiro/2017 a dezembro/2017) em um transecto de
41 100 m no interior do fragmento, com a utilização de 360 ninhos-armadilhas com
42 diâmetros de abertura variáveis (06 mm a 16 mm) distribuídos em 10 pontos
43 equidistantes. A diversidade de abelhas foi mensurada através do índice de Shannon-
44 Wiener (H') e uniformidade de Pielou (J'), além da classificação de cada espécie em
45 função de sua Frequência de Ocorrência (FO) e Dominância (DM). Foram fundados 70
46 ninhos dos quais registrou-se 22 espécies de abelhas fundadoras e três parasitas. Apinae
47 foi representada com 9 spp. e Megachilinae com 16 spp. Dentre os gêneros listados,
48 destacaram-se *Megachile* e *Centris*, correspondendo respectivamente a 7 e 5 spp. da
49 riqueza. As abelhas ocorreram durante todo o ano. Os meses com maior atividade de
50 nidificação foram novembro, outubro e dezembro, em especial para *Anthodioctes lunatus*
51 que nidificou exclusivamente neste período (seco), enquanto *Euglossa hemichlora*
52 demonstrou maior atividade associada à estação oposta (chuvosa). Apesar de 4 espécies
53 terem sido dominantes, a comunidade no geral se mostrou uniforme ($J' = 0,78$) e diversa
54 ($H' = 2,58$). Nosso estudo demonstrou que mesmo uma área tão restrita, pode abrigar um
55 alto número de espécies de abelhas solitárias.

56
57 Palavras-chave: Diversidade, Ninho-armadilha, Amazônia Maranhense, Fragmentação.

58 **Introdução**

59 As abelhas compõem um grupo de insetos (Hymenoptera, Apoidea) extremamente
60 importante para os sistemas naturais e altamente diversificado, estimando-se a ocorrência
61 de mais de 20 mil espécies distribuídas em todo o mundo (Michener 2007), das quais 85%
62 delas têm hábito solitário (Batra 1984). Este comportamento caracteriza-se pela ausência
63 da divisão de trabalho entre fêmeas de uma mesma geração ou cooperação entre mãe e
64 filhas, sendo, portanto, a fêmea autônoma em todas as etapas de construção e
65 provisionamento de seus próprios ninhos (Krombein 1967, Michener & Brothers 1974).

66 A nidificação das abelhas solitárias é estabelecida no solo ou em cavidades pré-
67 existentes, normalmente em frestas, construções ou perfurações em árvores (Roubik

1989). Por conta desse hábito, ninhos armadilhas (peças de madeira com uma perfuração longitudinal de abertura variável) foram desenvolvidos e aperfeiçoados para atração das abelhas, simulando um orifício natural pronto para ser ocupado (Krombein 1967).

O baixo custo do material utilizado, aliado a alta eficiência amostral, tornou esta técnica popular em várias regiões do mundo (Garófalo et al. 2004), especialmente no Brasil, onde inúmeros inventários foram produzidos nos mais diferentes biomas (Viana et al. 2001, Aguiar & Martins 2002, Ramos et al. 2007, Oliveira & Gonçalves 2017).

O uso de ninhos-armadilha em ambientes florestais faz-se particularmente interessante, pois permite-nos elaborar um desenho experimental muito flexível, com disposição de um número de réplicas fielmente padronizadas, espacial e temporalmente, a depender do objetivo a ser alcançado no estudo (Tscharntke & Gathmann 1998, Morato & Campos 2000, Aguiar & Martins 2002, Prado et al. 2017).

A Floresta Amazônica é o ecossistema de maior diversidade de organismos e complexidade de relações ecológicas do mundo (Gentry 1992) sendo, portanto, um detentor de grande variedade de nichos para as abelhas (Venturieri & Leon 2012). No entanto, pouco se conhece sobre as interações abelha-planta, especialmente das abelhas solitárias, devido à dificuldade de se realizar estudos no nível do dossel, onde ocorrem grande parte dos processos reprodutivos (Bawa 1990, Freitas & Cavalcante 2008, Prance 1985).

O conhecimento sobre a diversidade e distribuição de abelhas solitárias da região amazônica central e ocidental, devem-se principalmente aos trabalhos de Morato e seus colaboradores (Morato & Campos 2000, Morato 2001b, Morato & Martins 2005, Morato et al. 1999). Estes estudos avaliaram principalmente os efeitos negativos da fragmentação florestal sobre a comunidade de abelhas residentes sob vários aspectos.

Na porção oriental da Amazônia, Rebelo et al. (2011) apontaram uma preocupante incipiência de conhecimento da fauna de abelhas, tendo apenas quatro trabalhos conduzidos na margem periférica do bioma (Gonçalves et al. 1996, Silva & Rebêlo 1999, Brito & Rêgo 2001, Albuquerque et al. 2001), sendo que nenhum destes avaliaram apenas as espécies solitárias de abelhas, com a utilização de ninhos armadilhas.

A Amazônia Maranhense mesmo sendo marginal, apresenta uma enorme riqueza biológica distribuída em diversas fisionomias, gerando, portanto, uma alta heterogeneidade ambiental (Muniz 2011). Contudo, Araújo et al. (2011) ao compilarem um conjunto de dados geográficos da área, constataram um alto grau de desmatamento e, conseqüentemente, de degradação ambiental da floresta amazônica do Estado.

A degradação das florestas tropicais tem ocasionado a redução ou perda de habitats, diminuição da oferta de alimentos e sítios de nidificação, fatores determinantes para a permanência das abelhas solitárias em uma área (Cane 2001). Alguns autores têm associado estes fatores com o declínio generalizado de populações de abelhas em todo o mundo (Bartholomeus & Calders 2013, Potts et al. 2010). Como consequência, é possível que as interações ecológicas sejam seriamente comprometidas (Schenk et al. 2018), além do tamanho das populações sofrerem uma redução, limitando assim, a variabilidade genética dentro das mesmas (Waldschmidt et al. 2005).

Diante deste cenário, onde os ambientes naturais vêm sofrendo diversas alterações levando à perda de habitats de forma acelerada, somada à escassez de conhecimentos sobre a fauna de abelhas solitárias, em especial na Amazônia Maranhense, este estudo tem como objetivo caracterizar a estrutura da comunidade de abelhas solitárias residentes em um fragmento de Floresta Amazônica. Além disso, pretendemos definir os padrões de preferências em relação aos diâmetros de abertura dos ninhos-armadilha, avaliar a

116 influência da precipitação sobre a comunidade de abelhas e verificar a existência de
117 relações interespecíficas (parasitismo).

118 **Material e Métodos**

119 *Área de estudo*

120 O estudo foi conduzido em um fragmento de floresta amazônica nativa e
121 predominantemente preservada de 15 ha, situada em uma propriedade particular (Sítio do
122 Prata) localizada no município de Carutapera (1°12'12.88"S, 46° 1'16.91"W), extremo
123 noroeste do estado do Maranhão, Brasil (Fig. 1).

124 A vegetação local é classificada como Floresta Ombrófila Aberta Aluvial, onde a
125 formação vegetal ocorre ao longo dos cursos d'água como manguezais e comunidades
126 aluviais (matas ciliares), além da ocupação de planícies com a presença de cipós e
127 palmeiras. Tem composição florística semelhante à Floresta Ombrófila Densa,
128 diferenciando-se pelo espaçamento maior entre as árvores e penetração mais acentuada
129 da luz solar ao sub-bosque (Velloso et al. 2002).

130 O dossel, por sua vez, atinge entre 20 e 25 metros de altura, com a presença de
131 epifitismo, recobrando ligeiramente os estratos arbóreos inferiores. Assim, a composição
132 e disposição vegetal no interior do fragmento exibe uma visível heterogeneidade.

133 As áreas do entorno apresentam-se altamente degradadas, proveniente da
134 acentuada atividade agropecuária combinada com a atuação garimpeira da região
135 (Oliveira 1984, Penna & Porphírio 1984). Os recortes na paisagem são determinados
136 principalmente pelos cursos hídricos, onde ainda restam coberturas vegetais
137 originalmente preservadas, sendo, portanto, as únicas ligações entre as ilhas de
138 vegetações (Araújo et al. 2011).

O local de amostragem possui baixa altitude e o clima é do tipo quente úmido (Köppen 1948), com duas estações bem definidas, a seca, compreendendo os meses de julho a dezembro, e a chuvosa, de janeiro a junho, com temperatura média anual de 26,6°C e pluviosidade média de 2100 mm (INMET 2018).

Método de amostragem

A amostragem das abelhas solitárias foi feita através do uso de ninhos-armadilhas, os quais consistem em duas peças de madeira com dimensões de 25 x 25 x 130 mm e orifícios longitudinais de 6, 8, 10, 12, 14 e 16 mm de diâmetro com 110 mm de profundidade. As peças foram mantidas unidas por fita adesiva para facilitar a abertura das mesmas quando forem fundadas, permitindo a análise da estrutura interna do ninho (Garófalo et al. 2004).

As unidades amostrais consistiram de um bloco composto por 12 ninhos-armadilhas, sendo dois de cada diâmetro, inseridos aleatoriamente dentro de tubo retangular de PVC (Fig. 2), para protegê-los da chuva e conferir maior aderência.

Tais unidades foram distribuídas em três transectos de 150 metros no interior do fragmento. Cada transecto dividiu-se em dez pontos amostrais equidistantes, sendo cada ponto constituído de 12 ninhos-armadilhas, totalizando 360 ninhos na área (Fig. 2). As superfícies de contato dos blocos de ninhos com a árvore de suporte foram pinceladas com graxa, para evitar a ocupação indevida principalmente por formigas (Cordeiro 2009).

Os ninhos foram inspecionados mensalmente durante um ano (01/2017 – 12/2017), totalizando 12 meses de amostragem. À medida que os mesmos eram ocupados, eram substituídos por peças vazias do mesmo diâmetro. Os ninhos fundados receberam um código numérico – correspondendo a informações sobre a data, o diâmetro e o ponto amostrado. Posteriormente foram transferidos para o Laboratório de Estudos sobre

Abelhas (UFMA), os quais ficaram sob monitoramento até a emergência dos indivíduos. Estes, após nascerem, foram sacrificados com Acetato de Etila, registrados (tabelados) e submetidos aos procedimentos de montagem e preservação na Coleção de Abelhas (LEACOL - UFMA).

A identificação dos espécimes foi feita com base em literatura especializada (Silveira et al. 2002, Michener 2007), comparação com as espécies da Coleção LEACOL e auxílio de catálogo online (Moure et al. 2012). A determinação das espécies contou ainda com o apoio dos especialistas: Dr. José Eustáquio dos Santos Junior (UFMG), Dr. Felipe Rodrigo Vivallo Martínez (UFRJ) e Msc. Denilson Costa Martins (UFMA).

Os dados de precipitação foram obtidos no banco de dados online do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), estação OMM: 82198 – Turiaçu MA, estação mais próxima da área de estudo ($\cong$ 85 km).

Análise dos dados

A diversidade da comunidade de abelhas foi mensurada através do índice de Shannon-Wiener (H') (Shannon 1948), calculado no software R 3.5.0 (R Development Core Team 2018), com a utilização do pacote *vegan* (Oksanen et al. 2010).

A equitabilidade foi avaliada numericamente pelo índice de Pielou (J') (Pielou 1966) e visualmente pela distribuição de abundância de Whittaker (rank/abundância) (Whittaker 1965). A taxa de frequência de abelhas e parasitas foi determinada pela participação percentual do número de ninhos de cada espécie, em relação ao total coletado. Para tanto, utilizou-se o software STATISTICA 10.0 (Statsoft 2007).

Além disso foi calculada a frequência de ocorrência (FO) e dominância (DM) para cada uma das espécies, segundo Palma (1975), onde FO = número de amostras com a espécie i / número de amostras $\times$ 100, se FO $\geq$ 50% a espécie foi considerada muito

frequente (MF), se $FO < 50\%$ e $> 25\%$, foi considerada frequente (F), se $FO \leq 25\%$, a espécie foi considerada pouco frequente (PF). A dominância (DM) foi calculada como $DM = \text{abundância da espécie } i / \text{abundância total} \times 100$, onde quando $DM > 5\%$ = espécie dominante (D); se $DM \leq 5\%$ e $> 2,5\%$ = espécie acessória (A) e quando $DM \leq 2,5\%$ = espécie ocasional (OC). De acordo com Aguiar & Gaglianone (2012), a combinação da frequência de ocorrência e dominância, classifica as espécies em três categorias: espécie comum (muito frequente ou frequente + dominante), espécies raras (pouco frequente + ocasional) e espécies intermediárias (demais combinações).

Sabendo que os dados obtidos não seguiram uma distribuição normal, o coeficiente de Spearman (r) foi utilizado para verificar a correlação mensal da precipitação com abundância de ninhos e riqueza de espécies. Para este cálculo utilizou-se o software R 3.5.0 (R Development Core Team 2018) com o pacote *ISwR* (Dalgaard 2005).

A riqueza de espécies observadas em toda a amostragem (Sobs) foi representado por uma curva de acumulação de espécies (curva de rarefação), que demonstra a eficiência amostral sobre o total de coletas. A inclinação desta curva pode-nos inferir o número de espécies que ainda não foi observado para a área (Magurran 2011).

A estimativa da riqueza total de espécies foi mensurada através da utilização de estimadores de análises não paramétricos, ACE, ICE e Bootstrap. Eles baseiam-se nos conceitos de abundância, incidência e raridade, respectivamente, sendo determinados em geral pelo número de espécies que ocorrem em uma e duas amostras (*uniques* e *duplicates*) e espécies com somente um ou dois ninhos (*singletons* e *doubletons*) (Colwell 2013). Para esta análise utilizou-se o software EstimateS (Colwell 2013), sendo os dados aleatorizados 9999 vezes para reduzir os possíveis ruídos gerados na análise.

Resultados

Foram ocupados 70 ninhos dos quais registrou-se 25 espécies de abelhas, sendo 22 fundadoras e três parasitas, com 290 indivíduos emergidos (incluindo parasitas). Duas subfamílias foram assinaladas, Apinae representada por 41,4% (n = 29) das nidificações, 36% (S = 9) das espécies e 42,7% (n = 124) dos indivíduos emergidos, enquanto Megachilinae compreendeu 58,5% (n = 41) das nidificações, 64% (S = 16) das espécies e 57,2% (n = 166) dos indivíduos (Tab. 1).

Dentre os nove gêneros amostrados, em termos de riqueza, destacaram-se *Megachile* e *Centris*, correspondendo respectivamente a sete e cinco espécies. E em termos de abundância, *Anthodioctes* destacou-se com 123 do total de indivíduos emergidos.

O índice de Shannon-Wiener da comunidade foi $H' = 2,58$ e uniformidade $J' = 0,78$. Como ilustrado no diagrama de Whittaker (Fig. 3), poucas espécies atingiram uma expressiva abundância em relação ao número total de nidificações: *Anthodioctes lunatus* fundou 25 ninhos, seguida por *Centris (Heterocentris) analis* (n = 7), *Euglossa (Euglossa) hemichlora* (n = 6), *Centris (Hemisiella) dichrootricha* (n = 5) e *Centris (Heterocentris) bicornuta* e *Centris (Heterocentris) terminata* (n = 3). As demais espécies contaram com apenas duas ou uma nidificação (Tab. 1).

A taxa de parasitismo foi de 8,57% (n = 6), sendo representada por três espécies de abelhas: *Coelioxys (Cyrtocoelioxys)* sp. 1 (n = 2); *Coelioxys (Cyrtocoelioxys)* sp. 2 (n = 1); *Coelioxys (Neocoelioxys)* sp. (n = 1) e uma espécie de besouro: *Tetraonyx sexguttatus* (n = 2). Dentre estes, houve dois casos de parasitismo onde as espécies fundadoras são desconhecidas (Tab. 1).

Dentro das classes estruturais da comunidade, quatro espécies se mostraram dominantes (D): *A. lunatus*, *C. dichrootricha*, *C. analis* e *E. hemichlora*. Seis espécies

foram consideradas acessórias (A): *Anthodioctes vilhenae*, *Centris* (*Heterocentris*) *bicornuta*, *Centris* (*Heterocentris*) *terminata*, *C.* (*Cyrtocoelioxys*) sp. 1, *Megachile* (*Chrysosarus*) sp. 2 e *Tetrapedia diversipes*. E as demais 15 espécies foram classificadas como ocasionais (OC) por não registrarem pelo menos 2,5% da abundância total.

Duas espécies (*A. lunatus* e *E. hemichlora*) foram consideradas frequentes (F) tendo sido registradas em 1/3 das amostras (4 meses) enquanto todas as demais 23 espécies não atingiram 1/4 das amostras (3 meses), sendo então consideradas pouco frequentes (PF). Nenhuma espécie apresentou-se muito frequente (MF).

Desta maneira, a associação das classes de Dominância e Frequência de Ocorrência resultaram em duas espécies comuns (C): *A. lunatus* e *E. hemichlora*; oito espécies intermediárias (I): *A. vilhenae*, *C. dichrotricha*, *C. analis*, *C. bicornuta*, *C. terminata*, *C.* (*Cyrtocoelioxys*) sp. 1, *M.* (*Chrysosarus*) sp. 2 e *T. diversipes*; e as demais 15 espécies foram classificadas como raras (R) (Tab. 1).

Todos os seis diferentes diâmetros dos ninhos-armadilha foram utilizados pelas abelhas. Os mais utilizados foram: 6 mm com 30 nidificações e 8 mm com 17, seguidos de 10 mm com 9 nidificações, 14 mm com seis, 12 mm com cinco e 16 mm sendo o menos requisitado, com apenas 3 das 70 nidificações.

Verificou-se preferências exclusivas de seis espécies pelos ninhos com diâmetro de 6 mm; três nos ninhos de 8 mm; duas pelos ninhos de 10 mm; uma em ninhos de 12 mm de abertura e duas nos ninhos de 14 mm e 16 mm (Tab. 1).

Apesar da baixa frequência de ocorrência (FO) da maioria das espécies dentro da comunidade, as abelhas apresentaram atividade de nidificação durante todos os meses do ano (Fig. 4). Os meses mais frequentes foram novembro (n = 20), outubro (n = 15), dezembro e janeiro (n = 10). Enquanto os menos frequentes foram fevereiro, março e abril, contando apenas com uma nidificação cada.

De acordo com os registros obtidos, houve uma correlação significativa inversa entre a precipitação mensal e a abundância de ninhos nidificados ($r = -0,6508$, $p = 0,019$), assim como o número de espécies observadas ($r = -0,571$, $p = 0,052$), ainda que neste último caso a margem de significância tenha ficado no limite.

Apenas duas espécies nidificaram exclusivamente no período chuvoso: *M. (Chrysosarus)* sp. 1 e *M. sejuncta*; e duas nidificaram em ambos os períodos: *E. hemichlora* e *C. (Cyrtocoelioxys)* sp. 1; as demais 21 espécies nidificaram exclusivamente no período seco.

Assim constatamos que o número de espécies observadas em somente uma amostra (*uniques*) foi muito superior ($n = 18$) ao número de espécies observadas em duas amostras (*duplicates*) ($n = 5$), com somente um (*singletons*) ($n = 15$) ou dois (*doubletons*) ($n = 4$) ninhos.

Em razão disso, a curva de acumulação de espécies (Sobs) para o total de amostras não estabilizou (Fig. 5), ainda que o ângulo de inclinação da curva tenha sido modesto, a sua tendência é crescente.

Os estimadores ICE e ACE apresentaram padrões semelhantes, nos quais indicaram um crescimento acentuado até a sexta amostra (mês de junho), mas diminuiu com o aumento da riqueza atribuído pela estação seca. Ainda que, a partir daí até a última amostra estas curvas tenham apresentado inclinações reduzidas, a estimativa de riqueza por eles calculados são bem superiores ($S = 67 \pm 70$) ao que foi observado ($S = 25$), correspondendo a aproximadamente 62% de espécies dadas como desconhecidas. Já o estimador Bootstrap apresentou uma tendência semelhante ao que foi observado, ficando próximo à margem do intervalo de confiança superior desta análise ($S = 33,4$), deixando neste caso aproximadamente 26% de espécies desconhecidas.

Discussão

O diagnóstico da qualidade ecossistêmica de uma região faz-se em primeira instância, através da realização de inventários locais, fornecendo informações fundamentais para a triagem de áreas prioritárias para conservação (Freitas et al. 2009). Em nosso estudo utilizamos variados tamanhos de cavidades em ninhos armadilha, ao longo de um considerável período de monitoramento, maximizando as condições de registro do maior número possível de espécies solitárias de abelhas.

A comunidade de abelhas solitárias que nidificam em cavidades pré-existentes do fragmento amazônico estudado, apresentou uma riqueza superior (25 spp.) a outros levantamentos realizados em ambiente florestal, tanto na Floresta Amazônica (Morato & Campos 2000, Morato 2001b) quanto na Mata Atlântica (Oliveira & Gonçalves 2017, Gazola & Garófalo 2009, Buschini 2006, Loyola & Martins 2006, Alves-dos-Santos 2003, Aguiar & Martins 2002, Viana et al. 2001). Sendo apenas inferior ao encontrado por Camillo et al. (1995) em uma área de transição Mata Atlântica – Cerrado e Morato e Martins (2005) em Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Sul Ocidental. No entanto, estes autores utilizaram um esforço amostral acima da média quando comparado aos demais (Tab. 2).

Na proporção do número de fundações pelo número de armadilhas dispostas, tivemos uma eficiência de 19,4% (70 fundações de 360 ninhos), sendo superior ao registrado em áreas de Mata Atlântica, porém, inferior ao observado em regiões da Amazônia Central (Tab. 2).

As diferenças na composição da diversidade alpha (α) nas comunidades de abelhas, podem ser explicadas principalmente pelas mudanças biogeográficas de um ambiente para outro, tais como as fitofisionomias que possuem características distintas na oferta de condições e recursos locais (Tscharntke & Gathmann 1998). Assim, mesmo

em se tratando do mesmo bioma, o nível de heterogeneidade ambiental pode interferir nas populações mais sensíveis às alterações físicas do ambiente (Loyola & Martins 2008).

Além destes, existem outros fatores que acabam por influenciar nestas diferenças, tais como, o período de amostragem (Aguiar & Martins 2002, Aguiar et al. 2005, Buschini 2006, Buschini & Woiski 2008), o número, diâmetro e tipo de material dos ninhos-armadilha (Bosch 1995, Vandenberg 1995, Krug & Alves-Dos-Santos 2008), a estratificação vertical (Morato 2001b) e fatores ambientais locais como a oferta de recursos já existentes (Viana et al. 2001).

A falta de uma padronização acaba por gerar uma dificuldade em se fazer inferências acerca da estrutura da comunidade e dinâmica populacional das abelhas solitárias (Woiski 2009). E ainda que houvesse levantamentos sistemáticos e estruturados, a própria biologia (história de vida, comportamento de nidificação, forrageamento etc.) das abelhas variam muito, levando-nos à necessidade de uma ponderação cautelosa com a interpretação destas informações (Aguiar et al. 2005).

Apesar disso, alguns autores demonstraram que, de maneira geral, o número de ninhos-armadilha ofertados e o período de amostragem parecem ser as mais determinantes (Krug & Alves-Dos-Santos 2008, Stokmans et al. 2015, Dainese et al. 2018). Além de que, os ambientes florestais, em geral, apresentam uma riqueza de espécies maior do que áreas abertas (Rocha-Filho et al. 2017).

Em nosso estudo registramos uma destoante riqueza de espécies frente ao número de nidificações observadas, confrontando resultados recentes sobre transformações de habitats, pois de maneira geral, estes trabalhos mostram que os efeitos da fragmentação e da urbanização tem influência negativa sobre a biodiversidade (Fahrig 2003, McKinney 2006, 2008, Everaars et al. 2018), ainda que em alguns casos o tamanho da área

preservada tenha sido determinante para diminuir tais efeitos (Cane et al. 2006, Hinnners 2008).

O estudo de Savard et al. (2000) demonstrou que os impactos da fragmentação atuam de diferentes formas a depender do grupo de estudo em questão, escala da paisagem, níveis de urbanização, etc. Outros autores relataram que um ambiente antropizado acaba por conter um grande número de cavidades (ex. furos em tijolos ou madeira), propiciando uma maior riqueza de espécies de vespas e abelhas que utilizam essas cavidades para suas nidificações, em comparação à riqueza encontrada em áreas do entorno ou em ambientes naturais, principalmente se tratando de manchas de fragmentos isolados (Zanette et al. 2005, Cane et al. 2006, Hinnners 2008, Matteson et al. 2008, Fortel et al. 2014).

Diferentes respostas ao ambiente são determinadas pelas especificidades de cada táxon (ex. espécie, gênero ou tribo). As abelhas solitárias abrangem um elevado número de espécies e, portanto, possuem uma grande diversificação de hábitos de nidificação, dentre os quais, boa parte utilizam cavidades pré-existentes (Roubik 1989, Tscharntke & Gathmann 1998).

A composição das espécies de abelhas obtida no presente estudo registrou duas subfamílias (Apinae e Megachilinae), as quais são constantemente amostradas com a utilização de ninhos-armadilha de madeira (Loyola & Martins 2006, Mesquita & Augusto 2011, Pires et al. 2012).

Outros autores utilizando-se de diferentes tipos de armadilhas (ex. tubos de cartolina, tubos de bambu e blocos de madeira perfurados), conseguiram coletar adicionalmente representantes da subfamília Colletinae, indicando a importância da complementaridade metodológica nos inventários (Camillo et al. 1995, Buschini 2006, Gazola & Garófalo 2009, Martins et al. 2012).

Dentro da subfamília Megachilinae, a tribo Anthidiini apontou um expressivo número de nidificações ($n = 31$), sendo *Anthodiocetes lunatus* a principal espécie responsável por isso ($n = 25$). Curiosamente tal espécie se mostrou ausente nos dados obtidos da Amazônia Central (Morato & Campos 2000, Morato 2001a), mas ocorreu nos limites da Mata Atlântica (Camarotti-de-Lima et al. 2005), Amazônia Ocidental (Morato & Martins 2005) e Amazônia Oriental (Ducke 1902), sugerindo sua preferência por regiões transicionais de área aberta ou uma resistência aos efeitos da fragmentação florestal. Contrariamente, *Anthodiocetes moratoi* foi documentada com uma alta abundância ($n = 61$) em matas contínuas da Amazônia Central e nenhum registro de nidificação nas áreas fragmentadas do mesmo estudo (Morato & Campos 2000, Morato 2001a), explicando então a sua possível ausência em Carutapera, MA.

A tribo Megachilini obteve um número de espécies maior ($S = 10$) que a tribo Centridini ($S = 5$) no presente estudo, diferente da listagem feita por Garófalo et al. (2004), em que a maioria das espécies do gênero *Centris* se mostraram dominantes. No entanto, trabalhos com ninhos armadilhas realizados em ambiente amazônico parecem seguir o padrão contrário, com destaque para o gênero *Megachile* nas comunidades amostradas (Morato & Campos 2000, Morato 2001b, Morato & Martins 2005, Marinho et al. 2018).

Três espécies do gênero *Coelioxys* foram registradas parasitando outros ninhos. A taxa de parasitismo aqui encontrada (8,57%) mostrou-se abaixo do esperado para esse tipo de ambiente, já que os estudos realizados na amazonia central registraram uma alta atividade de parasitismo, especialmente se tratando de áreas reduzidas ou perturbadas (Morato et al. 1999, Morato 2001a). Uma discussão mais detalhada sobre este gênero sofre de uma dificuldade advinda de inconsistências taxonômicas, devido ao grande

número de espécies ainda não identificadas ou confirmadas, falta de revisões e sistemática filogenética (Silveira et al. 2002).

Na subfamília Apinae, o gênero *Centris* se destacou com cinco das oito espécies listadas por Garófalo et al. (2004). *Centris* (*Hemisiella*) *dichrootricha* foi a mais abundante, assim como visto na Amazônia Central por (Morato et al. 1999) e mais recentemente em um trabalho realizado em área transicional Cerrado-Amazônia (Carvalho et al. 2016) mostrando que se trata de uma espécie que ainda resiste às mudanças ambientais.

Ainda que *Centris* (*Hemisiella*) *vittata* tenha sido registrada em áreas de florestas tropicais (Frankie et al. 1988, 1993, Thiele 2005), essa espécie foi considerada rara por corresponder a apenas uma nidificação em nosso estudo. Ramos et al. (2007) reportaram abelhas dessa espécie nidificando em cavidades naturais em áreas de Cerrado no nordeste do estado do Maranhão, sugerindo uma limitação geográfica, provavelmente por conta dos recursos utilizados para a construção dos seus ninhos e aprovisionamento de suas crias (Ramos et al. 2010).

Dentre os Euglossini, apenas três espécies do gênero *Euglossa* foram registradas. Um número considerado baixo, visto que a maior parte deste grupo é de domínio amazônico, sendo muitas espécies endêmicas para este bioma (Dressler 1982, Roubik & Hanson 2004). *Euglossa hemichlora* foi a única a alcançar uma abundância e frequência notável, no entanto, esta dentre as três, trata-se da espécie com maior distribuição geográfica (Nemésio & Silveira 2007), indicando que o fragmento estudado já não tenha as mesmas propriedades das áreas de matas contínuas, as quais são necessárias para a permanência de *E. mourei*, *E. piliventris* e possivelmente de outras espécies desse gênero que não foram amostradas (Oliveira & Campos 1995).

A amplitude de diâmetros utilizados (6 mm - 16 mm) em nosso estudo abrangeu um alto número de espécies em detrimento do tamanho diminuto do fragmento. Os orifícios disponibilizados parecem responder em função da riqueza de determinadas espécies, pois estas se mostraram bem ajustadas espaço-temporalmente aos recursos oferecidos, assim como visto por Dainese et al. (2018) em escalas de paisagem da Alemanha. Isso determinou uma alta uniformidade na amostragem, mesmo com poucas espécies muito abundantes em relação às demais.

Outro padrão que merece destaque foi a frequência de ocorrência (FO) registrada abaixo dos 25% para a maioria das espécies aqui listadas, gerando uma alocação seletiva ao longo dos meses do ano, corroborando padrões sazonais vistos em vários outros trabalhos (Camillo et al. 1995, Buschini 2006, Gazola & Garófalo 2009, Martins et al. 2012), onde a tribo Centridini correlaciona-se com o período seco, enquanto a tribo Euglossini correlaciona-se com o chuvoso (Rebêlo & Garófalo 1991, Oliveira & Campos 1995, Oliveira 1999, Carvalho-Filho & Oliveira 2017).

Considerando os efeitos sazonais dentro da comunidade, nos quais ocorreram muitos *uniques* e *singletons* (número de espécies ocorrentes em uma ou duas amostras), os estimadores de riqueza com melhores respostas são os de cobertura ACE e ICE. Considera-se estes como não paramétricos porque não são baseados no parâmetro de um modelo de abundância de espécies (Magurran & McGill 2011).

A tendência crescente da curva de acumulação de espécies (Sobs) apresentada neste trabalho, pode ser interpretada como insuficiência de esforço amostral, tanto em número de armadilhas dispostas quanto ao número total de amostras. Contudo, a suficiência amostral em ambientes tropicais é impraticável, principalmente se tratando de comunidades de insetos (Magurran & McGill 2011, Schilling et al. 2008).

Contudo, partindo para uma análise mais acurada sobre o comportamento das curvas dos estimadores, foi possível notar que os valores encontrados pelo estimador ICE sempre foram superiores que as estimativas do ACE. O que provavelmente se deu por conta do alto número de *uniques* em relação aos *singletons*, já que eles respondem de maneiras distintas, abundância e incidência, respectivamente (Magurran 2011).

Essas diferenças revelam que as amostras que obtivemos são heterogêneas, condizentes com as flutuações sazonais de abundância das nidificações, os quais também já foram observados em outras ocasiões (Morato et al. 1999, Viana et al. 2001, Melo & Zanella 2012). Possivelmente estas flutuações possam ser respondidas através das variações climáticas anuais e disponibilidade de recursos regida pela fenologia das espécies botânicas envolvidas (Frankie et al. 1998).

Os resultados alcançados no presente estudo contribuem para o acréscimo de conhecimento sobre a composição e distribuição das abelhas solitárias em áreas fragmentadas da Amazônia Oriental, além de corresponder à primeira lista de espécies deste tipo de metodologia para o Maranhão, fornecendo assim, informações inéditas para o Estado. No geral, o fragmento estudado, ainda que diminuto, apresentou uma alta diversidade de abelhas solitárias, demonstrando a importância da manutenção das formações vegetais para a sustentação agregada das espécies de abelhas, e consequentemente para a conservação do bioma amazônico.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pelo apoio financeiro ao projeto executado; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida à L.A.C.F; à Universidade Federal do Maranhão

455 (UFMA) pela infraestrutura e apoio técnico e a Dr. José Eustáquio dos Santos Junior
456 (UFMG), Dr. Felipe Rodrigo Vivallo Martínez (UFRJ) e Msc. Denilson Costa Martins
457 (UFMA) pela identificação das espécies.

Referências

- AGUIAR, A.J.C. & MARTINS, C.F. 2002. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). Rev. Bras. Zool. 19(Garófalo 2000):101–116.
- AGUIAR, C.M.L., GARÓFALO, C.A. & ALMEIDA, G.F. 2005. Trap-nesting bees (Hymenoptera, Apoidea) in areas of dry semideciduous forest and caatinga, Bahia, Brazil. Rev. Bras. Zool. 22(4):1030–1038.
- AGUIAR, W.M. & GAGLIANONE, M.C. 2012. Euglossine bee communities in small forest fragments of the Atlantic Forest, Rio de Janeiro state, southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae). Rev. Bras. Entomol. 56(2):210–219.
- ALBUQUERQUE, P.M.C., FERREIRA, R. da G., RÊGO, M.M.C., SANTOS, C.S. & BRITO, C.M.S. de. 2001. Levantamento da fauna de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) na região da Baixada Maranhense: Vitória do Mearim, MA, Brasil. Acta Amazon. 31(3):419–430.
- ALVES-DOS-SANTOS, I. 2003. Trap-Nesting Bees and Wasps on the University Campus in São Paulo, Southeastern Brazil (Hymenoptera: Aculeata). J. Kans. Entomol. Soc. 76(2):328–334.
- ARAÚJO, E.P., LOPES, J.R. & CARVALHO FILHO, R. 2011. Aspectos socioeconômicos e de evolução do desmatamento na Amazônia maranhense. In: Amazônia maranhense: Diversidade e conservação. (T. G. de O. Marlúcia Bonifácio Martins, ed.) p.35-44.
- BARTHOLOMEUS, H. & CALDERS, K. 2013. Monitoring the “lungs of the earth”. 2013 Yearbook of the Environmental.
- BATRA, S.W.T. 1984. Solitary Bees. Scientific American 250(2):120–127.
- BAWA, K.S. 1990. Plant-Pollinator Interactions in Tropical Rain Forests. Annu. Rev. Ecol. Syst. 21:399–422.
- BOSCH, J. 1995. Comparison of nesting materials for the orchard pollinator *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae). Entomol. Gen. 285–289.
- BRITO, C.M.S. & RÊGO, M.M.C. 2001. Community of male Euglossini bees (Hymenoptera: Apidae) in a secondary forest, Alcântara, MA, Brazil. Braz. J. Biol. 61(4):631–638.

- BUSCHINI, M.L.T. 2006. Species diversity and community structure in trap-nesting bees in Southern Brazil. *Apidologie* 37:58–66.
- BUSCHINI, M.L.T. & WOISKI, T.D. 2008. Alpha-beta diversity in trap-nesting wasps (Hymenoptera: Aculeata) in Southern Brazil. *Acta Zoologica* 89(4):351–358.
- 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., GARÓFALO, C.A., SERRANO, J.C. & MUCCILLO, G. 1995. Diversidade e abundância sazonal de abelhas e vespas solitárias em ninhos armadilhas (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata). *Rev. Bras. Entomol.* 39(2):459–470.
- CANE, J.H. 2001. Habitat fragmentation and native bees: a premature verdict? *Conserv. Ecol.* 5(1.)
- CANE, J.H., MINCKLEY, R.L., KERVIN, L.J., ROULSTON, T.H. & WILLIAMS, N.M. 2006. Complex responses within a desert bee guild (Hymenoptera: Apiformes) to urban habitat fragmentation. *Ecol. Appl.* 16(2):632–644.
- CARVALHO-FILHO, F.S. & OLIVEIRA, F.F. de. 2017. Notes on the nesting biology of five species of Euglossini (Hymenoptera: Apidae) in the Brazilian Amazon. *EntomoBrasilis* 10(1):64–68.
- CARVALHO, G.C.A., CARREIRA, L.M.M., RÊGO, M.M.C. & ALBUQUERQUE, P.M.C. 2016. Nesting habits of *Centris (Hemisiella) dichrotricha* (Hymenoptera: Apidae) in the Northern Cerrado of Brazil. *Revista de Biología Tropical* (64):1041–1056.
- COLWELL, R.K. 2013. EstimateS : Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1. <http://purl.oclc.org/estimates>.
- CORDEIRO, G.D. 2009. Abelhas solitárias nidificantes em ninhos-armadilha em quatro áreas de Mata Atlântica do estado de São Paulo. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 85p.
- DAINESE, M., RIEDINGER, V., HOLZSCHUH, A., KLEIJN, D., SCHEPER, J. & STEFFAN-DEWENTER, I. 2018. Managing trap-nesting bees as crop pollinators: Spatiotemporal effects of floral resources and antagonists. *J. Appl. Ecol.* 55(1):195–204.
- DALGAARD, P. 2005. ISwR: introductory statistics with R. R package version 1–0.
- DRESSLER, R. L. 1982. Biology of the Orchid Bees (Euglossini). *Ann Rev Ecol Syst* 13: 373–394.
- DUCKE, A. 1902. Beobachtungen über Blütenbesuch, Erscheinungszeit etc. der bei Pará vorkommenden Bienen.

- EVERAARS, J., SETTELE, J. & DORMANN, C.F. 2018. Fragmentation of nest and foraging habitat affects time budgets of solitary bees, their fitness and pollination services, depending on traits: Results from an individual-based model. *PLoS One* 13(2):e0188269.
- FAHRIG, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34(1):487–515.
- FORTEL, L., HENRY, M., GUILBAUD, L., GUIRAO, A.L., KUHLMANN, M., MOURET, H., ROLLIN, O. & VAISSIÈRE, B.E. 2014. Decreasing abundance, increasing diversity and changing structure of the wild bee community (Hymenoptera: Anthophila) along an urbanization gradient. *PLoS One* 9(8):e104679.
- 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(3):322–333.
- 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. *Environ. Entomol.* 27(5):1137–1148.
- FRANKIE, G.W., VINSON, S.B., NEWSTROM, L.E. & BARTHELL, J.F. 1988. Nest Site and Habitat Preferences of Centris Bees in the Costa Rican Dry Forest. *Biotropica* 20(4):301–310.
- FREITAS, B.M. & CAVALCANTE, M.C. 2008. Visitantes Florais e Polinização da Castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) em Cultivo Comercial na Floresta Amazônica. In *Anais do VIII Encontro sobre Abelhas* p.58–64.
- FREITAS, B.M., IMPERATRIZ-FONSECA, V.L., MEDINA, L.M., DE MATOS PEIXOTO KLEINERT, A., GALETTO, L., NATES-PARRA, G. & QUEZADA-EUÁN, J.J.G. 2009. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie* 40(3):332–346.
- GARÓFALO, C.A., MARTINS, C.F. & ALVES-DOS-SANTOS, I. 2004. The Brazilian solitary bee species caught in trap nests. In *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination* (B. M. Freitas & J. O. P. Pereira, eds) Fortaleza, Imprensa Universitária, p.77–84.
- GAZOLA, a. L. & GARÓFALO, C. a. 2009. Trap-nesting bees (Hymenoptera: Apoidea) in forest fragments of the State of São Paulo, Brazil. *Genet. Mol. Res.* 8(2):607–622.
- GENTRY, A.H. 1992. Tropical Forest Biodiversity: Distributional Patterns and Their Conservational Significance. *Oikos* 63(1):19–28.
- GONÇALVES, S.J.M., RÊGO, M.M.C. & ARAÚJO, A. 1996. Abelhas sociais (Hymenoptera: Apidae) e seus recursos florais em uma região de mata secundária, Alcântara, MA, Brasil. *Acta Amazonica* 26(1/2):55–68.
- HINNERS, S.J. 2008. Pollinators in an urbanizing landscape: effects of suburban sprawl on a grassland bee assemblage. University of Colorado at Boulder. p.120.

- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2016. (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>).
- KÖPPEN, W. 1948. Climatologia. México. Fundo de Cultura Econômica.
- KROMBEIN, K.V. 1967. Trap-nesting wasps and bees: life histories, nests, and associates. Smithsonian Press; 1st edition, p.570.
- KRUG, C. & ALVES-DOS-SANTOS, I. 2008. O uso de diferentes métodos para amostragem da fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea), um estudo em Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. Neotrop Entomol 37(3):265–278.
- LOYOLA, R.D. & MARTINS, R.P. 2006. Trap-nest occupation by solitary wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) in a forest urban remanent. Neotrop. Entomol. 35(1):41–48.
- LOYOLA, R.D. & MARTINS, R.P. 2008. Habitat structure components are effective predictors of trap-nesting Hymenoptera diversity, 9, 735–742. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2007.06.016>
- MAGURRAN, A.E. 2011. Medindo a diversidade biológica. Editora da UFPR.
- MAGURRAN, A.E. & MCGILL, B.J. 2011. Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment. Oxford University Press.
- MARINHO, D., MUNIZ, D.B. & AZEVEDO, G.G. 2018. Nesting biology of three *Megachile* (Hymenoptera: Megachilidae) species from Eastern Amazonia, Brazil. Rev. Bras. Entomol. 62(2):97–106.
- MARTINS, C.F., FERREIRA, R.P. & CARNEIRO, L.T. 2012. Influence of the orientation of nest entrance, shading, and substrate on sampling trap-nesting bees and wasps. Neotrop. Entomol. 41(2):105–111.
- MATTESON, K.C., ASCHER, J.S. & LANGELLOTTO, G.A. 2008. Conservation Biology and Biodiversity Bee Richness and Abundance in New York City Urban Gardens. Ann. Entomol. Soc. Am. 101(1):140–150.
- MCKINNEY, M.L. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. Biol. Conserv. 127(3):247–260.
- MCKINNEY, M.L. 2008. Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. Urban Ecosyst. 11(2):161–176.
- MELO, R.R. & ZANELLA, F.C.V. 2012. Dinâmica de fundação de ninhos por abelhas e vespas solitárias (Hymenoptera, Aculeata) em área de Caatinga na Estação Ecológica do Seridó. Revista Brasileira de Ciências Agrárias 7657–662.
- MESQUITA, T.M.S. & AUGUSTO, S.C. 2011. Diversity of trap-nesting bees and their natural enemies in the Brazilian savanna. Trop. Zool. 24(2.):
- MICHENER, C.D. 2007. The Bees of the World 2nd. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.

- MICHENER, C.D. & BROTHERS, D.J. 1974. Were workers of eusocial hymenoptera initially altruistic or oppressed? *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 71(3):671–674.
- MORATO, E.F. 2001a. Biologia e ecologia de *Anthodiocetes moratoi* Urban (Hymenoptera, Megachilidae, Anthidiini) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia Central, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 18(3):729–736.
- MORATO, E.F. 2001b. Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias na Amazônia Central. II. estratificação vertical. *Rev. Bras. Zool.* 18(3):737–747.
- MORATO, E.F. & CAMPOS, L.A. de O. 2000. Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central. *Rev. Bras. Zool.* 17(2):429–444.
- MORATO, E.F., GARCIA, M.V.B. & CAMPOS, L.A. de O. 1999. Biologia de *Centris Fabricius* (Hymenoptera, Anthophoridae, Centridini) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia Central. *Rev. Bras. Zool.* 16(4):1213–1222.
- MORATO, E.F. & MARTINS, R.P. 2005. Diversidade e composição da fauna de vespas e abelhas solitárias do Estado do Acre, Amazônia Sul-Occidental. *Fauna do Acre*. Rio Branco: EDUFAC 11–40.
- MOURE J.S., URBAN D. & MELO G. A. R. 2012. Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region. (<http://www.moure.cria.org.br/catalogue>).
- MUNIZ, F.H. 2011. Efeito do manejo florestal sobre a composição florística e fitossociologia da floresta na Amazônia maranhense. In *Amazônia maranhense: Diversidade e conservação* (T. G. de O. Marlúcia Bonifácio Martins, ed.) p.118–140.
- NEMÉSIO, A., & SILVEIRA, F. A. 2007. Diversity and Distribution of Orchid Bees (Hymenoptera: Apidae) with a Revised Checklist of Species. *Neotropical Entomology* 36(6):874–888, 36(6), 874–888. <https://doi.org/10.1055/s-2007-995983>
- OKSANEN, J., BLANCHET, F.G., KINDT, R., LEGENDRE, P., O'HARA, R.B., SIMPSON, G.L., SOLYMOS, P., STEVENS, M.H.H. & WAGNER, H. 2010. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 1.17-2. R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- OLIVEIRA, J.C. 1984. Projeto Carutapera.
- OLIVEIRA, M.L. 1999. Sazonalidade e horário de atividade de abelhas Euglossinae (Hymenoptera, Apidae), em florestas de terra firme na Amazônia Central. *Rev. Bras. Zool.* 16(1):83–90.
- OLIVEIRA, M.L. & CAMPOS, L.A.O. 1995. Abundância, riqueza e diversidade de abelhas Euglossinae (Hymenoptera, Apidae) em florestas contínuas de terra firme na Amazônia Central, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 12(3):547–556.
- OLIVEIRA, P.S. & GONÇALVES, R.B. 2017. Trap-nesting bees and wasps (Hymenoptera, Aculeata) in a Semideciduous Seasonal Forest fragment, southern Brazil. *Pap. Avulsos Zool.* 57(13):149–156.

- PALMA, S. 1975. Contribución al estudio de los sifonoforos encontrados frente a la costa de Valparaíso. Aspectos ecológicos. II Simpósio Latino Americano Sobre Oceanografía Biológica. Dórient, Venezuela 119–133.
- PENNA, M.T.M. & PORPHÍRIO, N.H. 1984. Caracterização de uma amostra de concentrado de jigue (Projeto Carutapera).
- PIELOU, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theor. Biol. 13:131–144.
- PIRES, E.P., POMPEU, D.C. & SOUZA-SILVA, M. 2012. Nidificação de vespas e abelhas solitárias (Hymenoptera: aculeata) na reserva biológica Boqueirão, Ingaí, Minas Gerais. Bioscience Journal 28(2.):
- POTTS, S.G., BIESMEIJER, J.C., KREMEN, C., NEUMANN, P., SCHWEIGER, O. & KUNIN, W.E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends Ecol. Evol. 25(6):345–353.
- PRADO, S.G., NGO, H.T., FLOREZ, J.A. & COLLAZO, J.A. 2017. Sampling bees in tropical forests and agroecosystems: a review. J. Insect Conserv. 21(5):753–770.
- PRANCE, G.T. 1985. The pollination of Amazonian Plants, Amazonia.
- R CORE TEAM. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (<https://www.R-project.org/>).
- RAMOS, M., ALBUQUERQUE, P. & RÊGO, M. 2010. Nesting behavior of *Centris (Hemisiella) vittata* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae) in an area of the Cerrado in the northeast of the State of Maranhão, Brazil. Neotrop. Entomol. 39(June):379–383.
- RAMOS, M.C., RÊGO, M. & ALBUQUERQUE, P. 2007. Occurrence of *Centris (Hemisiella) vittata* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae: Centridini) in the Cerrado sl Bioma of Maranhão, Northeastern Brazil. Acta Amazon.
- REBELLO, J.M.M. & GARÓFALO, C.A. 1991. Diversidade e sazonalidade de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) e preferências por iscas-odores em um fragmento de floresta no sudeste do Brasil. Rev. Bras. Biol. 51(4):787–799.
- REBELO, J.M.M., RÊGO, M.M.C. & ALBUQUERQUE, P.M.C. 2011. Distribuição, uso e conservação de abelhas – Hymenoptera, Apidae – na Amazônia maranhense. In Amazônia Maranhense diversidade e conservação (T. G. de O. Marlúcia Bonifácio Martins, ed.) p.178–191.
- ROCHA-FILHO, L.C., RABELO, L.S., AUGUSTO, S.C. & GARÓFALO, C.A. 2017. Cavity-nesting bees and wasps (Hymenoptera: Aculeata) in a semi-deciduous Atlantic forest fragment immersed in a matrix of agricultural land. J. Insect Conserv. 21(4):727–736.
- ROUBIK, D.W. 1989. Ecology and Natural History of Tropical Bees. Cambridge University Press.

- ROUBIK, D. W & HANSON, P. E. 2004. Orchids bees: biology and field guide. San Jose, Costa Rica: INBIO, 370p.
- SAVARD, J.-P.L., CLERGEAU, P. & MENNECHEZ, G. 2000. Biodiversity concepts and urban ecosystems. *Landsc. Urban Plan.* 48(3):131–142.
- SCHENK, M., KRAUSS, J. & HOLZSCHUH, A. 2018. Desynchronizations in bee-plant interactions cause severe fitness losses in solitary bees. *J. Anim. Ecol.*
- SCHILLING, A.C., BATISTA, J.L.F. & OTHERS. 2008. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais. *Revista Brasileira de Botânica* 31(1):179–187.
- SHANNON, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27, 379–423.
- SILVA, F.S. & REBÊLO, J.M.M. 1999. Euglossine bees (Hymenoptera, Apidae) of Buriticupu, Amazonia of Maranhão, Brazil. *Acta Amazon.* 24(4):587–599.
- SILVEIRA, F.A., MELO, G.A.R. & ALMEIDA, E.A.B. 2002. Abelhas brasileiras. Sistemática e Identificação. Fundação Araucária, Belo Horizonte.
- STOKMANS, K., KLEIJN, D. & BUKOVINSZKY, T. 2015. Effects of increased resource availability on population dynamics of cavity-nesting bees and wasps in the Netherlands.
- STATSOFT, I.N.C., 2007. STATISTICA (data analysis software system). Version, 7, pp.1984-2004.
- THIELE, R. 2005. Phenology and nest site preferences of wood-nesting bees in a Neotropical lowland rain forest. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 40(1):39–48.
- TSCHARNTKE, T. & GATHMANN, A. 1998. Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of applied.*
- VANDENBERG, J.D. 1995. Nesting Preferences of the Solitary Bee *Osmia sanrafaelae* (Hymenoptera: Megachilidae). *J. Econ. Entomol.* 88(3):592–599.
- VELLOSO, A.L., SAMPAIO, E. & PAREYN, F. 2002. Ecorregiões propostas para o bioma Caatinga. Recife: Associação Plantas do Nordeste, Instituto de Conservação Ambiental. The Nature Conservancy do Brasil 74(07.):
- VENTURIERI, G.C. & LEON, F.A. 2012. Biodiversidade de Abelhas na Amazônia: os Meliponíneos e seu Uso na Polinização de Culturas Agrícolas. III Semana dos Polinizadores: palestras e.
- VIANA, B.F., SILVA, F.O. & KLEINERT, A.M.P. 2001. Diversidade e Sazonalidade de Abelhas Solitárias (Hymenoptera: Apoidea) em Dunas Litorâneas no Nordeste do Brasil. *Neotrop. Entomol.* 30(2):245–251.

- WALDSCHMIDT, A.M., LOPES, L.A., MARCO, P., Jr & CAMPOS, L.A.O. 2005. Genetics of Euglossini bees (Hymenoptera) in fragments of the Atlantic Forest in the region of Viçosa, MG. *Braz. J. Biol.* 65(3):541–549.
- WHITTAKER, R.H. 1965. Dominance and Diversity in Land Plant Communities: Numerical relations of species express the importance of competition in community function and evolution. *Science* 147(3655):250–260.
- WOISKI, T.D. 2009. Estrutura da Comunidade de Vespas e Abelhas Solitárias em um fragmento urbano de Floresta Ombrófila Mista. Universidade Federal do Paraná. p.41.
- ZANETTE, L.R.S., MARTINS, R.P. & RIBEIRO, S.P. 2005. Effects of urbanization on Neotropical wasp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. *Landsc. Urban Plan.* 71(2):105–121.

Tabela 1. Espécies de abelhas solitárias registradas em Carutapera MA, Brasil no período de janeiro a dezembro de 2017; abundância absoluta (n) e relativa (%) de ninhos fundados, indivíduos emergidos, diâmetros utilizados (mm) e ninhos parasitados; classes de dominância (DM): D = dominante, A = acessória, OC = ocasional; frequência de ocorrência (FO): MF = muito frequente, F = frequente, PF = pouco frequente; classificação da espécie (CE): C = comum, I = intermediária, R = rara.

Subfamília/Espécies hospedeiras	Ninhos	Indivíduos	Diâmetros	Classes			Espécies parasitas	Ninhos parasitados
	n (%)	n (%)	mm (%)	DM	FO	CE		n (%)
Apinae								
Centris (Hemisiella) dichrootricha (Moure)	5 (7.1)	20 (6.9)	8 (20) 10 (20) 12 (60)	D	PF	I	Tetraonyx sexguttatus (Olivier)	2 (40)
Centris (Hemisiella) vittata Lepeletier	1 (1.4)	6 (2)	16 (100)	OC	PF	R		
Centris (Heterocentris) analis (Fabricius)	7 (10)	18 (6.2)	6 (85.8) 8 (14.2)	D	PF	I		
Centris (Heterocentris) bicornuta Mocsáry	3 (4.2)	9 (3.1)	6 (66.7) 8 (33.3)	A	PF	I	Coelioxys (Cyrtocoelioxys) sp. 1	1 (33,3)
Centris (Heterocentris) terminata Smith	3 (4.2)	23 (7.9)	8 (100)	A	PF	I		
Euglossa (Euglossa) hemichlora Cockerell	6 (8.5)	29 (10)	10 (33.3) 14 (66.7)	D	F	C		
Euglossa (Euglossa) mourei Dressler	1 (1.4)	8 (2.7)	16 (100)	OC	PF	R		
Euglossa (Glossura) piliventris Guérin	1 (1.4)	4 (1.3)	10 (100)	OC	PF	R		
Tetrapedia diversipes Klug	2 (2.8)	9 (3.1)	6 (100)	A	PF	I		
Megachilinae								
Anthodiocetes lunatus (Smith)	25 (35.7)	111 (38.2)	6 (52) 8 (32) 10 (16)	D	F	C		

Subfamília/Espécies hospedeiras	Ninhos	Indivíduos	Diâmetros	Classes			Espécies parasitas	Ninhos parasitados
	n (%)	n (%)	mm (%)	DM	FO	CE		n (%)
Megachilinae								
Anthodiocetes vilhenae Urban	2 (2.8)	12 (4.1)	6 (50)	A	PF	I		
			8 (50)					
Hypanthidium duckei Urban	1 (1.4)	5 (1.7)	8 (100)	OC	PF	R		
Hypanthidium maranhense Urban	1 (1.4)	2 (0.6)	12 (100)	OC	PF	R		
Larocanthidium castaneum Urban	1 (1.4)	1 (0.3)	6 (100)	OC	PF	R		
Loyolanthidium albopilosum (Friese)	1 (1.4)	1 (0.3)	6 (100)	OC	PF	R		
Megachile (Austromegachile) exaltata Smith	1 (1.4)	5 (1.7)	8 (100)	OC	PF	R		
Megachile (Austromegachile) sejuncta Cockerell	1 (1.4)	5 (1.7)	6 (100)	OC	PF	R		
Megachile (Chrysosarus) sp. 1	1 (1.4)	1 (0.3)	14 (100)	OC	PF	R		
Megachile (Chrysosarus) sp. 2	2 (2.8)	4 (1.3)	12 (50)	A	PF	I		
			16 (50)					
Megachile (Pseudocentron) rubricata Smith	1 (1.4)	2 (0.6)	14 (100)	OC	PF	R	Coelioxys (Neocoelioxys) sp.	1 (100)
Megachile (Pseudocentron) stilbondapsis Moure	1 (1.4)	2 (0.6)	10 (100)	OC	PF	R		
Megachile (Rhyssomegachile) simillima Smith	1 (1.4)	6 (2)	6 (100)	OC	PF	R		
Espécies hospedeiras desconhecidas*	1 (1.4)	5 (1.7)	6 (100)	A	PF	I	Coelioxys (Cyrtocoelioxys) sp. 1	1 (100)
	1 (1.4)	2 (0.6)	8 (100)	OC	PF	R	Coelioxys (Cyrtocoelioxys) sp. 2	1 (100)
Totais	70	290					4	8,57%

* Não foram identificadas porque todas as células de cria foram parasitadas.

Tabela 2. Lista de trabalhos realizados no Brasil com a utilização de ninhos-armadilhas; bioma, fisionomia, número de amostras (n = meses), número de armadilhas (n = unidades de ninhos), diâmetros de aberturas (mm = milímetros), abundância (n = número de nidificações), riqueza (S = número de espécies) e proporção (% do número de armadilhas nidificadas em função do número de armadilhas dispostas).

Autores	Bioma	Fisionomia	Amostras (n)	Armadilhas (n)	Aberturas (mm)	Abundância (n)	Riqueza (S)	Proporção (%)
Presente Estudo	Amazônia	Floresta Ombrófila Aberta Aluvial	12	360	6 - 8 - 10 - 12 - 14 - 16	70	25	19,44%
Morato e Martins, 2005	Amazônia	Floresta Ombrófila Densa	18	3600	5 - 9,5 - 13	*	30	*
Morato, 2001	Amazônia	Floresta Ombrófila Densa	24	1296	4,8 - 9,5 - 12,7	297	12	22,92%
Morato e Campos, 2000	Amazônia	Floresta Ombrófila Densa	24	1296	4,8 - 9,5 - 12,7	405	14	31,25%
Oliveira e Gonçalves, 2017	Mata Atlântica	Floresta Semidecídua	24	1500	5 - 30	204	5	13,60%
Gazola e Garófalo, 2009	Mata Atlântica	Floresta Semidecídua	24	1197	4 - 29	507	16	42,36%
Buschini, 2006	Mata Atlântica	Floresta Ombrófila Mista	12	576	7 - 10 - 13	120	11	20,83%
Loyola e Martins, 2006	Mata Atlântica	Floresta Semidecídua	10	1350	6 - 9 - 12	137	7	10,15%
Alves dos Santos, 2003	Mata Atlântica	Floresta Semidecídua	36	1000	3 - 4 - 5 - 7 - 9 - 10	*	8	*
Aguiar e Martins, 2002	Mata Atlântica	Floresta Semidecídua	12	837	4 - 6 - 8 - 11 - 13 - 15	138	12	16,49%
Viana et al., 2001	Mata Atlântica	Dunas	24	464	8 - 10 - 15 - 20	62	7	13,36%
Camillo et al., 1995	Mata Atlântica	Floresta Semidecídua	24	2372	*	*	32	*

* Informações omitidas pelos autores.

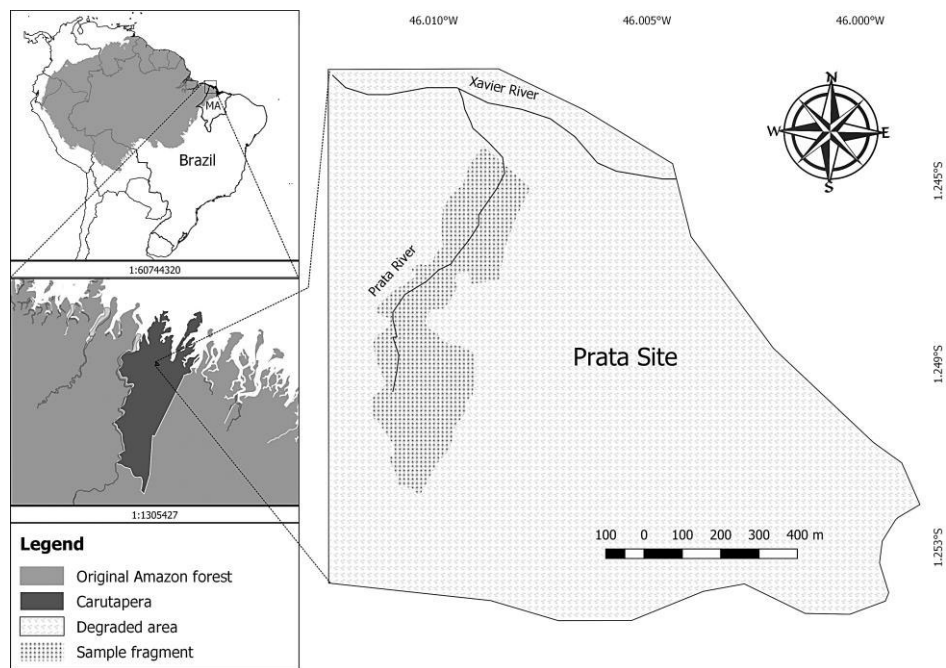


Figura 1. Localização geográfica do fragmento florestal estudado, no município de Carutapera, MA, Brasil.

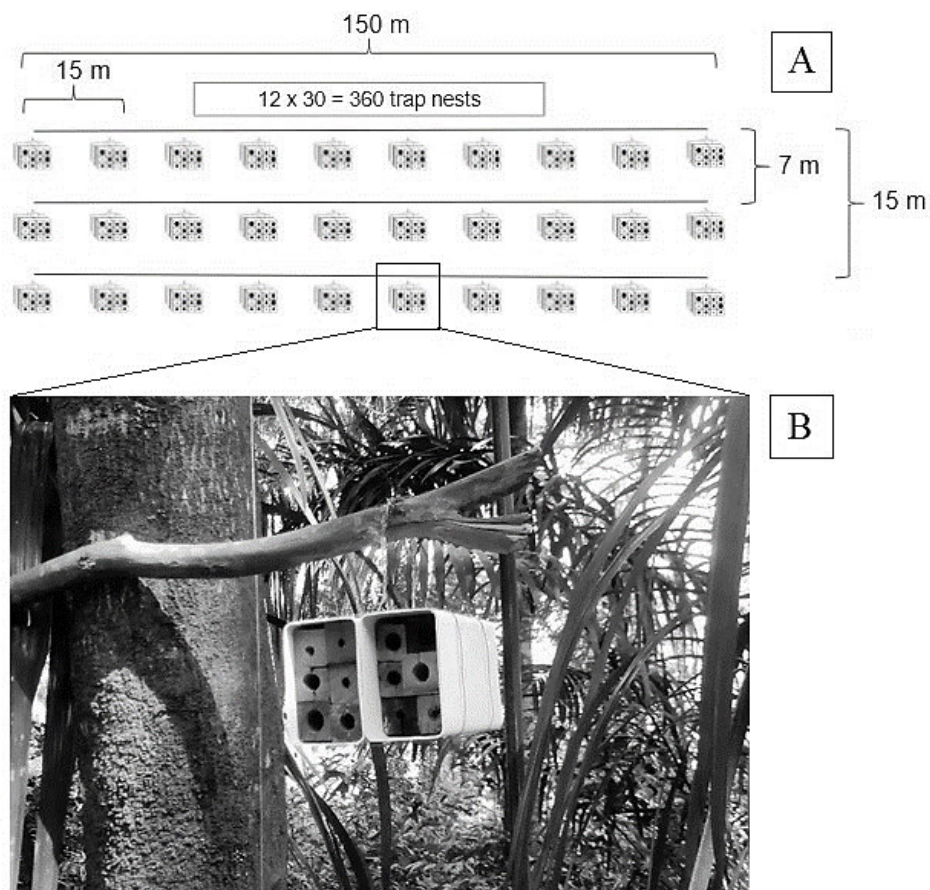


Figura 2. (A) Delineamento experimental: Unidades amostrais distribuídas em três transectos de 150 metros, cada transecto contendo dez pontos amostrais equidistantes, sendo cada ponto (B), constituído de 12 ninhos-armadilhas com diferentes diâmetros de abertura (6, 8, 10, 12, 14 e 16 mm), totalizando 360 ninhos.

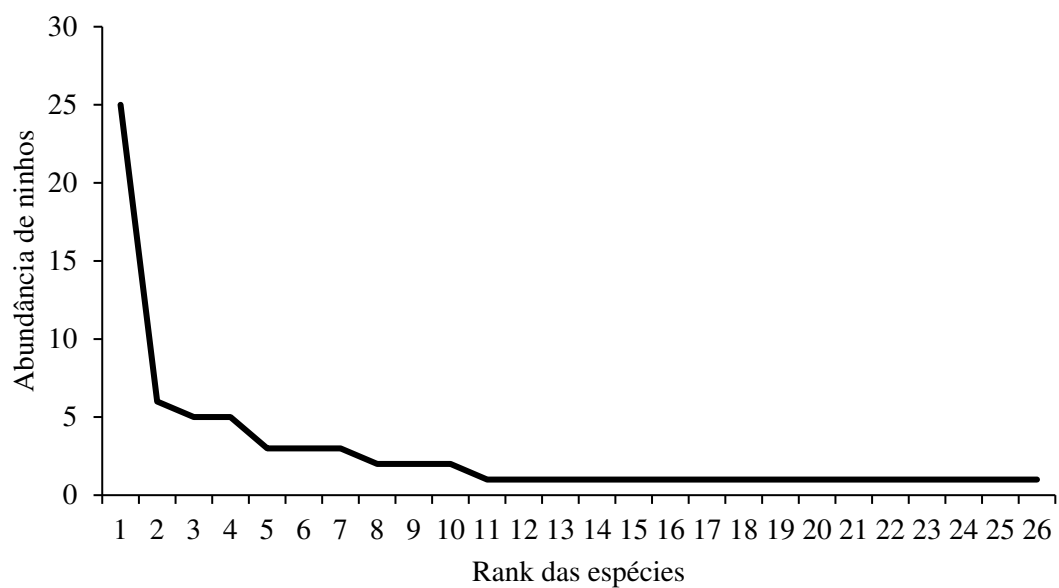


Figura 3. Diagrama de Whittaker (rank/abundância) da abundância de ninhos amostrados no período de janeiro a dezembro de 2017, Carutapera, MA, Brasil.

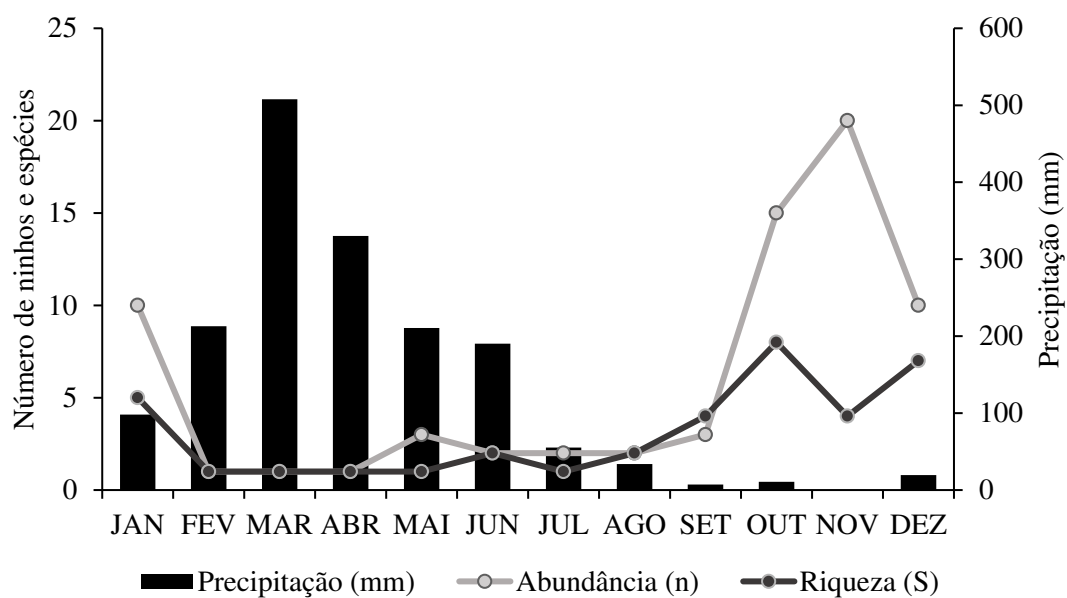


Figura 4. Distribuição amostral da riqueza e abundância de abelhas solitárias e precipitação mensal no período de janeiro a dezembro de 2017, Carutapera, MA, Brasil.

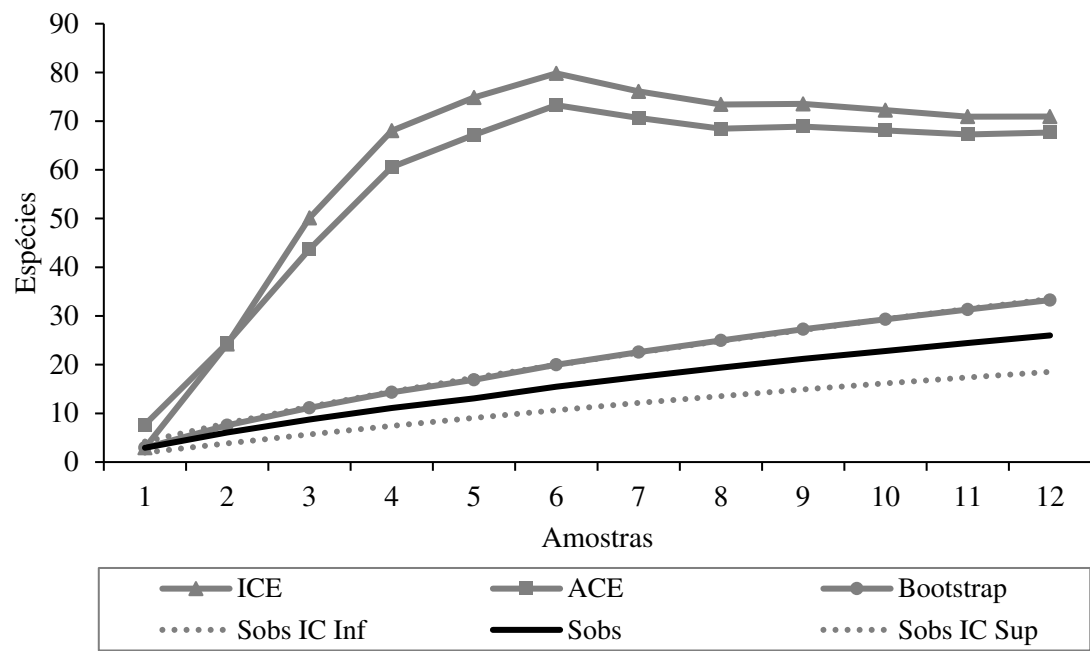


Figura 5. Estimadores não paramétricos de riqueza (ICE, ACE, Bootstrap) em relação a curva de acumulação de espécies observadas (Sobs) no período de janeiro a dezembro de 2017, Carutapera, MA, Brasil.



Instructions to authors

Manuscripts for publication in BIOTA NEOTROPICA are to be submitted EXCLUSIVELY through the website <http://mc04.manuscriptcentral.com/bn-scielo> and must be prepared in accordance with the instructions below. After successful submission you will receive a confirmation email along with an ID number for your paper.

All subsequent correspondence should be sent to the Managing Editor at ea@biotaneotropica.org.br.

Since BIOTA NEOTROPICA established a partnership with SciELO, the publication fee charged is R\$ 1000.00 (One Thousand Reais) for Brazilian authors or US\$ 400.00 (Four Hundred Dollars) for foreign authors, irrespective of the number of pages published. Payment details will be sent to authors in the final editorial stage of articles accepted for publication.

BIOTA NEOTROPICA does not publish papers that include description of new species of taxonomic groups which Nomenclatural Code requires printed copies. Authors are responsible to check if the specific requirements of the Nomenclatural Code of the organism they are working with. If your taxonomic group does require printed copies of your publication you should look for another journal to submit your paper.

BIOTA NEOTROPICA publishes eight types of manuscript: editorial, point of view, articles, thematic reviews, short communications, identification key, inventories and taxonomic reviews. Only the Editorial is written by the Editorial Board or by an invited researcher and is therefore subject to different submission rules.

The submitting author must provide an ORCID ID (Open Researcher and Contributor ID, <http://orcid.org/>) at the time of submission by entering it in the user profile in the submission system. We strongly encourage coauthors to do the same

Manuscripts submitted under any category should be written entirely in English. The authors are responsible for presenting the article in good scientific English, and it is strongly recommended that the manuscript undergo a final revision by a specialized proofreading company such as American Journal Experts/AJE, Nature Publishing Group Language Editing, Edanz and/or other SciELO-approved services. Should the Editorial Board consider the level of English to be below journal standards, the paper may be refused even after approval by the Area Editor. The content of manuscripts accepted for publication, regardless of category, is the sole responsibility of the author(s).

1 – Manuscript Category

To follow is a brief description of how the Editorial Board defines each manuscript category

Editorial

For each issue of BIOTA NEOTROPICA, the Editor-in-Chief may invite a researcher to write an Editorial on relevant topics, from a scientific standpoint and in terms of creating policies for the conservation and sustainable use of biodiversity in the Neotropical region. Editorials should contain a maximum of 3000 words.

Points of View

This section acts as a forum for academic discussion of a relevant issue within the scope of the journal, whereby the researcher will write a short, thought-provoking, article expressing his/her viewpoint on the issue in question. At the discretion of the Editorial Board, the journal may publish responses or considerations of other researchers to stimulate discussion on the issue. The content of manuscripts accepted for publication, regardless of category, is the sole responsibility of the author(s).

Articles

Articles are submitted spontaneously by their authors in the System of Submission of the Journal at <http://mc04.manuscriptcentral.com/bn-scielo>. The manuscript must bring new data, not published or submitted to publication, in part or entirely, in other journals or books, and must be results of research in characterization, conservation, restoration and sustainable use of biodiversity in Neotropical region. The manuscript is expected to discuss an issue of scientific interest within the scope of the journal and include a review of the specialized literature, as well as a discussion of articles recently published in the international literature. The content of manuscripts accepted for publication, regardless of category, is the sole responsibility of the author(s).

Thematic Reviews

Thematic Reviews are also submitted spontaneously by their authors through the Journal Submission System. The manuscript is expected to develop a scientific concept or theme related to the scope of the journal, based on references that are essential to understanding the subject of the reviews, and including the most recent published articles on the issue. The content of manuscripts accepted for publication, regardless of category, is the sole responsibility of the author(s).

Short Communications

These are short articles submitted spontaneously by their authors. The manuscript must contain new data, not previously published and/or submitted for publication in part or in whole, in any other periodical or book, and be the result of research on the characterization, conservation, restoration or sustainable use of Neotropical biodiversity. The manuscript is expected to briefly

discuss a new component among the issues of scientific interest related to the scope of BIOTA NEOTROPICA, based on recently published articles. The content of manuscripts accepted for publication, regardless of category, is the sole responsibility of the author(s).

Papers that only report the occurrence of species in a region where their presence would be expected, but have yet to be recorded, are not published by BIOTA NEOTROPICA.

Identification Keys

Identification Keys are submitted spontaneously by their authors through the Journal Submission System. The manuscript is expected to describe, to the fullest extent possible, the taxonomic group characterized by the identification key. It should be firmly based on the taxonomic literature regarding the group in question. The content of manuscripts accepted for publication, regardless of category, is the sole responsibility of the author(s).

Inventories

Inventories are submitted spontaneously by their authors through the Journal Submission System. The manuscript should contain new data, not previously published and/or submitted for publication in part or in whole, in any other periodical or book, and be the result of research on the characterization, conservation, restoration or sustainable use of Neotropical biodiversity. In addition to the list of inventoried species, the manuscript should include the authors' selection criteria (assemblage, guild, locality etc.), the methodology used and the geographic coordinates of the study area. It must be strongly based on the best taxonomic literature available for the group, and must inform clearly the institution where testimony specimens are deposited. The content of manuscripts accepted for publication, regardless of category, is the sole responsibility of the author(s).

Taxonomic Reviews

Taxonomic Reviews are submitted spontaneously by their authors through the Journal Submission System. The manuscript should contain new data, not previously published and/or submitted for publication in part or in whole, in any other periodical or book, and be the result of research on the characterization, conservation, restoration or sustainable use of Neotropical biodiversity. The manuscript is expected to contain comprehensive information on the taxon under review, elucidate the main taxonomic issues and justify the need to revise it. The review should be based on the current and historical scientific literature regarding the taxon in question, and must inform clearly the institution where the testimony specimens are deposited. The content of manuscripts accepted for publication, regardless of category, is the sole responsibility of the author(s).

2 – Submission and Publishing

After the paper is submitted, manuscripts that meet the guidelines will be sent to the Editor-in-Chief, who will forward them to the Area Editors, who in turn will select at least two “ad hoc” reviewers. In order to minimize conflicts of interest, the journal currently uses the “double-blind” mechanism, where neither authors nor reviewers are identified. This is especially important

because the authors are also asked to choose researchers that they do NOT wish to review their manuscript.

The Area Editors are responsible for the entire publishing phase of the manuscript, sending feedback to authors and reformulated versions of the work to the reviewers. Once all requirements and recommendations made by reviewers and the Associate Editors are met, the manuscript is preliminarily accepted and forwarded to the Chief Editor. It is up to the Editor-in-Chief, in common agreement with the Editorial Board, to definitively accept the paper.

The Abstracts of accepted papers are revised by their authors and published online in the current issue of BIOTA NEOTROPICA. It is important that authors submit the definitive version of their work (including text, tables and figures) through the Submission System, incorporating the final alterations/corrections requested by the reviewers and/or Area Editor, since this is the version that will be sent to the Editor-in-Chief for publication. Care taken at this stage significantly reduces the need for corrections/alterations to the article proofs.

Search tools, as well as indexation services, use the words in the title and the keywords to locate and classify an article. Therefore, the selection of keywords ensures that the author's manuscript can be found by other authors interested in the same issue, increasing the likelihood of using their results and, consequently, of citations. The information available at <http://www.edmgr.com/insights/why-do-journals-ask-for-keywords> is a good source for selecting keywords.

Upon submitting a manuscript to BIOTA NEOTROPICA, the author(s) transfer(s) copyright to the journal. In any subsequent use of parts of the text, figures and tables, BIOTA NEOTROPICA must be cited as the source.

3 – File formatting

The manuscripts should be sent in DOC format (MS-Word for Windows version 6.0 or higher) using Times New Roman font size 10. Section titles must be in font size 12. Bold face, italics, underlines, subscripts and superscripts can be used when pertinent, but excessive use of these resources should be avoided. In special cases (see formulas below), the following fonts can be used: Courier New, Symbol and Wingdings. Manuscripts can contain electronic links that the author judges appropriate. These must be included using the resources available in MS-Word.

After submission, the manuscripts sent to BIOTA NEOTROPICA must be divided into a file containing the entire text of the manuscript, including the main body of the text (first page, abstract, introduction, materials, methods, results, discussion, acknowledgements and references) and, if necessary, a file for tables. Figures will be included separately and identified in the system. It is essential that authors open the files they prepared for submission to carefully check if the figures, graphs or tables are in the desired format.

Main document

A single file (called Principal.doc) containing titles, abstracts and keywords (these are also included in another stage of the submission), entire text of the manuscript, references and tables. The co-authors and their respective affiliations should NOT be included in this file, neither should it contain figures, which must be included separately in the system, as described below. The manuscript should use the following format:

Brief and informative title

Use a capital letter in the first word and in accordance with pre-established grammar or scientific rules.

Body of the Manuscript

1. Sections – must not be numbered

Introduction

Material and Methods

Results

Discussion

Acknowledgments

References

Tables

Tables can be inserted directly into MS Excel software, but must be saved in spreadsheet, not workbook format.

2. Special cases

At the author's discretion, in the case of "Short Communications", Results and Discussion can be combined. Do not use footnotes, include the information directly in the text, since it makes reading easier and reduces the number of electronic links to the manuscript.

In the case of the "Inventories" category, the list of species, environments, descriptions, photos, etc. should be sent separately so that they can be organized in accordance with specific formats. To facilitate the use of search engines, such as XML, the Editorial Board will send the authors specific instructions for formatting the list of species cited in the manuscript.

In the "Identification Keys" category, the key itself should be sent separately so that it can be adequately formatted. In the case of references to material collected, the geographical coordinates of the collection area must be included. Whenever possible, the coordinates should be in degrees, minutes and seconds (for example, 24°32'75" S and 53°06'31" W). In the case of references to endangered species, specify only degrees and minutes.

3. Numbering subtitles

The title of each section should be written without numbering, in boldface, with only the first letter capitalized (Ex. Introduction, Materials and Methods etc.). Only two levels of subtitles, below the title of each section, will be permitted. Subtitles must be numbered in Arabic numerals followed by a period to help identify their order in the final format of the manuscript. Ex. Material and Methods; 1. Subtitle; 1.1. Sub-subtitle.

4. Species names

In the case of species citations, they must comply with the respective Nomenclature Codes. In the area of Zoology, all the species cited in the paper must be followed by the author and date of the original publication of the description, or by the author and/or revisor of the species in the case of Botany. In the field of Microbiology specific sources should be consulted, such as the International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology.

5. References in the text

Insert references in accordance with the following standard:

Silva (1960) or (Silva 1960)

Silva (1960, 1973)

Silva (1960a, b)

Silva & Pereira (1979) or (Silva & Pereira 1979)

Silva et al. (1990) or (Silva et al. 1990)

(Silva 1989, Pereira & Carvalho 1993, Araújo et al. 1996, Lima 1997)

Biota Neotropica does not accept references to unpublished data that are inaccessible to the reviewers or readers. In taxonomic studies, include citations of the material examined in accordance with the specific rules of the type of organism under study.

6. Numbers and units

Present numbers and units as follows:

- numbers up to nine should be spelled out, unless they are followed by units;

-use a period for the decimal number (10.5 m);

-use the International System of Units, separating the value units by a space (except for percentages, degrees, minutes and seconds);

-use unit abbreviations whenever possible. Do not use spaces to change lines if the unit does not fit on the same line.

7. Formulas

Formulas that can be written on a single line, even if it requires the use of special fonts (Symbol, Courier New and Wingdings), can be included in the text. Ex. $a = p.r^2$ or Na_2HPO_4 , etc. Any other type of formula or equation will be considered a figure and must therefore follow the rules established for figures.

8. Figure and Table citations

Write words in full (Ex. Figure 1, Table 1)

9. References

Adopt the format shown in the following examples, including all data requested, in the sequence and with the punctuation indicated, without adding items not mentioned:

FERGUSON, I.B. & BOLLARD, E.G. 1976. The movement of calcium in woody stems. *Ann. Bot.* 40(6):1057-1065.

SMITH, P.M. 1976. *The chemotaxonomy of plants*. Edward Arnold, London.

SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. 1980. *Statistical methods*. 7 ed. Iowa State University Press, Ames.

SUNDERLAND, N. 1973. Pollen and anther culture. In *Plant tissue and cell culture* (H.F. Street, ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, p.205-239.

BENTHAM, G. 1862. Leguminosae. Dalbergiae. In *Flora Brasiliensis* (C.F.P. Martius & A.G. Eichler, eds). F. Fleischer, Lipsiae, v.15, pars 1, p.1-349.

MANTOVANI, W., ROSSI, L., ROMANIUC NETO, S., ASSAD-LUDEWIGS, I.Y., WANDERLEY, M.G.L., MELO, M.M.R.F. & TOLEDO, C.B. 1989. Estudo fitossociológico de áreas de mata ciliar em Mogi-Guaçu, SP, Brasil. In *Simpósio sobre mata ciliar* (L.M. Barbosa, coord.). Fundação Cargil, Campinas, p.235-267.

STRUFFALDI-DE VUONO, Y. 1985. *Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta da Reserva Biológica do Instituto de Botânica de São Paulo, SP*. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FISHBASE. <http://www.fishbase.org/home.htm> (last access in dd/mm/aaaa)

Abbreviate periodical titles in accordance with the "World List of Scientific Periodicals" (<http://library.caltech.edu/reference/abbreviations/>) or according to the database of the Catálogo Coletivo Nacional (CCN -IBICT) (search available at <http://ccn.ibict.br/busca.jsf>).

All papers published in BIOTA NEOTROPICA have an individual electronic address, which appears on the top left area of the PDF, as well as a DOI identification number. Therefore, to reference papers published in BIOTA NEOTROPICA follow the example below:

SANTOS, R.M., SCHLINDWEIN, M.N., VIVIANI, V.R. Survey of Bioluminescent Coleoptera in the Atlantic Rain Forest of Serra da Paranapiacaba in São Paulo State (Brazil). *Biota Neotropica*. 16(1): e0045. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2015-0045> (last access on dd/mm/yyyy)

10. Tables

Tables must be numbered sequentially with Arabic numerals.

The legend should be included in this file, contained in a single paragraph, and identified by starting the paragraph with Table N, where N is the number of the table.

11. Figures

Maps, photos and graphs are considered figures. Figures should be numbered sequentially using Arabic numerals.

In the case of drawings, the texts contained in the figures should use sans-serif fonts, such as Arial or Helvetica, for better legibility. Figures composed of several others should be identified by letters (Ex. Figure 1a, Figure 1b). Use a scale bar to indicate size. Figures should not contain legends; these must be included in their own file.

Figure legends should be part of the Principal.rtf or Principal.doc text file, and included after the references. Each legend should be contained in a single paragraph and be identified, starting the paragraph with Figure N, where N is the number of the figure. Compound figures can or not have independent legends.

4 – Authorship

After acknowledgements, create the item Authors' Contributions, containing information about the contribution of each of the authors, which should be described using one of the following:

Substantial contribution in the concept and design of the study;

Contribution to data collection

Contribution to data analysis and interpretation

Contribution to manuscript preparation

Contribution to critical revision, adding intellectual content

The contributions of each co-author be included in the system in order to appear as a note in the published manuscript.

5 – Conflicts of interest

BIOTA NEOTROPICA requires all authors to explain any potential sources of conflict of interest. Any interest or relationship, financial or otherwise, that could potentially influence the author's

objectivity, is considered a potential source of conflict of interest. These must be revealed when they are either directly or indirectly related to the manuscript submitted to the journal. The existence of a conflict of interest does not impede publication in this journal, provided that it is clearly explained by the authors in a footnote or in the acknowledgements.

The corresponding author is responsible for informing all the authors regarding this policy and ensuring that they comply with this guideline.

If the authors have no conflict of interest to declare, they must state the following: “The author(s) declare(s) that they have no conflict of interest related to the publication of this manuscript”.

6 - Ethics

BIOTA NEOTROPICA is confident that the authors who submit manuscripts have complied with the guidelines established by the ethics committees of their respective research institutions. Studies involving human beings and/or clinical trials must be approved by the Institutional Committee that assesses this type of research. This approval, as well as information on the nature of this Committee, should be included in the Materials and Methods section. In the case of human subjects, it is essential to include a declaration that prior informed consent was obtained from all the participants, or a declaration stating why this was not necessary.

7 – Publication frequency

BIOTA NEOTROPICA is a quarterly journal that publishes 4 issues a year. The online publication is continuous and the paper is published as soon as the authors approve the final document.

8 – Data availability

Data are an important product of research and must be preserved for decades. BIOTA NEOTROPICA recommends that the data, or in the case of theoretical studies the mathematical models used, be archived in public data repositories such as the Sistema de Informação Ambiental do Programa Biota/Fapesp/SinBiota, Dryad Digital Repository - Dryad, TreeBASE Web, GenBank, Figshare, Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira/SiBBR or another repository selected by the author, that provides comparable access and guaranteed preservation.

This journal is financed by the BIOTA/FAPESP program of the São Paulo Research Foundation (FAPESP).