



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(Modalidade Bacharelado)

RUBENS ADRIEL CÂNDIDO DA SILVA

**ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE VESPAS (HYMENOPTERA, ACULEATA)
NIDIFICANTES EM NINHOS-ARMADILHA NA BAIXADA MARANHENSE,
AMAZÔNIA ORIENTAL**

SÃO LUÍS
2023

RUBENS ADRIEL CÂNDIDO DA SILVA

**ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE VESPAS (HYMENOPTERA, ACULEATA)
NIDIFICANTES EM NINHOS-ARMADILHA NA BAIXADA MARANHENSE,
AMAZÔNIA ORIENTAL**

Monografia apresentado ao Curso de Ciências
Biológicas da Universidade Federal do Maranhão,
para obtenção do grau de Bacharel em Ciências
Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. David Barros Muniz

Coorientadora: Prof^a. Dra. Gisele Garcia Azevedo

SÃO LUÍS
2023

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Cândido, Rubens Adriel.

Estrutura da comunidade de vespas Hymenoptera, Aculeata nidificantes em ninhos-armadilha na Baixada Maranhense, Amazônia Oriental / Rubens Adriel Cândido. - 2023.

57 f.

Coorientador(a): Gisele Garcia Azevedo.

Orientador(a): David Barros Muniz.

Monografia (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, 2023.

1. Biodiversidade. 2. Cavidade preexistente. 3. Maranhão. 4. Riqueza. 5. Vespas solitárias. I. Azevedo, Gisele Garcia. II. Muniz, David Barros. III. Título.

RUBENS ADRIEL CÂNDIDO DA SILVA

**ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE VESPAS (HYMENOPTERA, ACULEATA)
NIDIFICANTES EM NINHOS-ARMADILHA NA BAIXADA MARANHENSE,
AMAZÔNIA ORIENTAL**

Monografia apresentado ao Curso de Ciências
Biológicas da Universidade Federal do Maranhão,
para obtenção do grau de Bacharel em Ciências
Biológicas.

Aprovado em 20 / 12 / 2023 .

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. David Barros Muniz (Orientador)

Prof^a Dra. Gisele Garcia Azevedo (Coorientadora)

Prof^a Dra. Maria Luisa Tunes Buschini (Membro Externo)

Prof. Me. Luciano André Chaves Ferreira (Membro Interno)

Prof. Me. Diego Marinho Pereira (Suplente)



And we live in a beautiful world.

Yeah, we do..."

(Coldplay – Don't Panic)

AGRADECIMENTOS

Refletindo sobre minha jornada acadêmica, percebo que cada passo, cada desafio e cada conquista foram feitos por momentos grandiosos e significativos. Nesta ocasião especial, sinto a necessidade de expressar minha profunda gratidão a cada pessoa que contribuiu para essa trajetória única.

Agradeço a Deus por toda a companhia, auxílio e pelo que Ele é na minha vida. Sem Ele eu não conseguiria nada disto e sou eternamente grato pelo seu imenso amor. Por isso, agradeço por este grande passo para o começo da minha jornada.

À minha mãe, Iza Fath por ter me dado ensinamentos que levarei por toda a minha vida e por ter lutado pela realização dos meus sonhos junto comigo. Agradeço pelas inúmeras vezes em que cedia seu conforto para a mim, e hoje estou no caminho para dar a ela este conforto. O que ela me ensinou já é parte de mim e eu sou imensamente grato por isso e amo demais.

Agradeço a minha irmã, Rebeca Izanna, por ser minha companheira de todos os momentos da minha vida, literalmente! Sou extremamente sortudo de tê-la como irmã e por ter seu apoio em cada decisão que tomo. Além de irmã, ainda é minha primeira patroa, então só tenho a agradecer pelos milhões de aprendizados que tive. Portanto, irmã, obrigado por fazer o possível e o impossível por mim, te amo muito!

Ao meu pai Eduardo Nonato, por ter me acolhido e ter feito a verdadeira tarefa de um pai. Prefiro chamá-lo de pai ao invés de padrasto, pois ele realmente esteve presente na minha vida como o papel de um pai, me amando e me criando como um filho seu. Pai, muitíssimo obrigado por todo amor e atenção, por sempre ficar contente com cada conquista minha e da minha irmã, eu te amo muito.

À minha avó, Maria de Fátima e à minha tia Dayse Darlene, por terem me criado e me ensinando durante anos. Sou grato pelos ensinamentos e momentos vividos, amo vocês.

Aos demais familiares, meu muito obrigado por participarem ativamente de minha vida; amo todos vocês!

À minha gatinha, Clarinha, por seu amor sem medidas e por me fazer companhia inúmeras vezes enquanto fazia minha monografia, te amo filha!

Aos meus amigos do Grupo “Os Cocotas”: Jordanna, André, Duda e Rebeca por estarem presentes nos melhores momentos da minha vida. Ou até mesmo quando surtava e tudo o que

precisava era sair para conversar com vocês enquanto comíamos uma macarronada do tipo lasanha no Ora Bolas. Ou quando só marcávamos para fazer uma janta na casa de alguém e as vezes (na maioria), acabava sendo um miojão com um filme bem ruim que André sempre escolhia e acabava com quase todo mundo dormindo, sobrando só eu e Jô. Amo vocês demais e sou eternamente grato por todo o amor e carinho que recebo, saibam que foi uma das melhores coisas que consegui foi ter juntado meus melhores amigos com minha família. Obrigado por terem me dado todo o suporte durante todo esse tempo.

À minha melhor amiga Jordanna, por todo o companheirismo e amizade durante esses anos. Obrigado por ter me dado todo o apoio nas minhas decisões e ter celebrado comigo a cada pequena conquista. Te amo muito e espero na sua formatura para sermos também amigos de profissões!

Agradeço ao meu grupo de amigos da turma 2019.1: Aninha, Kaio, Carol, Vinicius, Sabrina, Samuel, Maria Fernanda e Ellen, por serem meus companheiros de atividade e trabalhos durante as disciplinas e por todo o carinho e atenção. Obrigado pelos almoços no R.U. e pelos acampamentos na raposa e em Itaguatins (obrigado família do Kaio). Vivemos momentos marcantes e guardo todos vocês no meu coração.

À Ellen Thâmara, minha companheira de tudo e minha dupla de trabalhos. Te admiro demais e saiba que você é minha referência nas Solonaceae, parabéns pela sua monografia e pela sua formação!

À Maria Fernanda, rainha das Clusiaceae, parabéns também pelo seu excelente trabalho e vejo muito talento em você, te admiro demais, Mafêh!

Iremos todos nos formar juntos e isso enche meu coração de alegria por simplesmente termos começado juntos e estarmos terminando essa jornada toda também juntos! Parabéns para nós!

A todos os meus amigos do Laboratório de Ecologia e Sistemática de Insetos Polinizadores e Predadores – LESPP, em especial a Vitória, Duda, Helen, João, Antônio, Jessileia, Josuan, Eliamara e Marielle, por terem me acolhido como estagiário e por terem me auxiliado e me acompanhado durante todo esse período da minha monografia. Obrigado por tornarem meu dia mais leve com cada conversa e brincadeiras que tivemos ali.

À Vitória e Duda, minhas denguinhas, sou grato demais por todo o amor, carinho e atenção que vocês me proporcionam. Agradeço por sempre se alegrarem com cada pequena

ação minha que consigo concluir, vocês com toda certeza melhoram meu dia mil vezes. Saibam que criei uma conexão com vocês muito boa e não quero me desapegar a ela de jeito nenhum. Obrigado por serem minhas fies companheiras de laboratório e de amizade! Amo vocês demais.

Agradeço ao meu orientador, David Barros Muniz, por ter se disponibilizado e ter dado todo o suporte durante essa fase de orientação. Sou imensamente grato pelos aprendizados que tive com ele durante todo este tempo, além de ter me acolhido no laboratório e ter me dado ensinamentos valiosos para minha carreira acadêmica. Portanto, David, muitíssimo obrigado!

À minha coorientadora e coordenadora do LESPP, Gisele Garcia Azevedo, por ter me recebido de portas abertas em seu laboratório quando eu mais precisava e por ter topado fazer parte da coorientação da minha monografia, dando sugestões significativas para este trabalho. Obrigado por tudo, Gi!

Ao Diego Marinho, por todo o conhecimento sobre ninho-armadilha e por ter me auxiliando nos resumos para o congresso. Agradeço muitíssimo sua participação como membro suplente da banca!

À Dra. Maria Luisa Tunes Buschini, por ter aceitado participar da banca avaliadora deste trabalho e por ter contribuído com as melhorias para este estudo e por ter me deixado calmo durante todo o momento em que estava sendo comentado. És uma excelentíssima pesquisadora e a partir deste momento lhe admiro ainda mais.

Ao Luciano André Chaves Ferreira, agradeço muitíssimo pelas arguições e toda avaliação desta pesquisa. Seus comentários foram essenciais para a versão final deste trabalho. Agradeço também por ser um ótimo companheiro durante as muitas horas que passei no LEA realizando as fotos das espécies e no computador.

Agradeço a Universidade Federal do Maranhão pelo vínculo e oportunidade de ingressar num ensino superior de qualidade. Agradeço também a todos os membros docentes que compõem o departamento de biologia, por todo aprendizado e por terem contribuído na minha formação.

RESUMO

O desmatamento do Bioma Amazônia tem impactado negativamente a biodiversidade, incluindo as vespas solitárias (Hymenoptera, Aculeata), que desempenham funções essenciais nos ecossistemas. A técnica de ninhos-armadilha é considerada importante para estudar essas vespas que constroem seus ninhos em cavidades preexistentes no ambiente, indicando características do habitat e da diversidade local. Entretanto, a escassez de dados sobre a fauna de vespas solitárias no Maranhão destaca a necessidade de estudos para entender a diversidade e comportamento dessas espécies no Bioma Amazônico maranhense. Portanto, o objetivo principal deste estudo é descrever a estrutura da comunidade de vespas que nidificam em cavidades pré-existentes em três áreas da Baixada Maranhense (Vitória do Mearim, Penalva e Peri-Mirim). Foram utilizados ninhos-armadilha de diâmetros de 4, 6, 8, 10, 13 e 15 mm, dispostos em todas as três áreas, totalizando 648 ninhos. Os ninhos foram inspecionados mensalmente durante 12 meses, indo de agosto de 2013 a julho de 2014. A análise de dados foi feita através de curva de acumulação de espécies, seis estimadores de riqueza e com índice de similaridade de Jaccard. Foram coletados 227 ninhos distribuídos por 16 espécies, representadas pelas famílias Crabronidae, Pompilidae, Vespidae e Sphecidae, sendo Crabronidae a mais rica e abundante. Cerca de 9,2% dos ninhos estavam parasitados por espécies de vespas, dípteros e um coleóptero. A preferência de diâmetros por Crabronidae e Pompilidae está relacionada ao tamanho corporal e a arquitetura do ninho construído. Os estimadores de riqueza de incidência, como ICE e Chao 2, foram considerados mais confiáveis e recomendados para prever a riqueza de espécies com ninho-armadilha. A riqueza de espécies estimada variou entre as áreas, com destaque para maior riqueza em Vitória do Mearim. Ambientes de florestas com vegetação primária tendem a mostrar uma maior riqueza, sendo influenciados pelo número de ninhos oferecidos e pelo recurso de presas no ambiente. A composição de espécies contribuiu para entender a distribuição local, com registros inéditos para o Maranhão. Dessa forma, o estudo possibilitou a descrição e compreensão da comunidade de vespas solitárias que nidificam em cavidades artificiais na região da Baixada Maranhense.

Palavras-chave: Cavidade preexistente; Vespas solitárias; Riqueza; Biodiversidade; Maranhão.

ABSTRACT

The deforestation of the Biome Amazon have negatively impacted biodiversity, including solitary wasps (Hymenoptera, Aculeata), which play essential roles in ecosystems. The trap-nest technique is considered important for studying these wasps that build their nests in pre-existing cavities in the environment, indicating habitat characteristics and local diversity. However, the shortage of data on solitary wasp fauna in Maranhão highlights the need for studies to understand the diversity and behavior of these species in the Maranhense Amazon Biome. Therefore, the main objective of this study is to describe the community structure of wasps nesting in pre-existing cavities in three areas of the Baixada Maranhense (Vitória do Mearim, Penalva e Peri-Mirim). Trap nests of diameters 4, 6, 8, 10, 13, and 15 mm were used in all three areas, totaling 648 nests. The nests were inspected monthly for 12 months, from August 2013 to July 2014. Data analysis was performed using a species accumulation curve, six richness estimators, and the Jaccard similarity index. A total of 227 nests were collected, representing 16 species from the families Crabronidae, Pompilidae, Vespidae, and Sphecidae, with Crabronidae being the richest and most abundant. About 9.2% of the nests were parasitized by wasps, diptera, and a coleoptera. The preference for diameters by Crabronidae and Pompilidae is related to body size and nest architecture. Incidence-based richness estimators, such as ICE and Chao 2, were considered more reliable and recommended for predicting species richness with trap-nest data. The estimated species richness varied among the areas, with a notable higher richness in Vitória do Mearim. Forest environments with primary vegetation tended to show greater richness, influenced by the number of nests provided and the availability of prey resources in the environment. The species composition contributed to understanding the local distribution, with unprecedented records for Maranhão. Thus, the study facilitated the description and comprehension of the community of solitary wasps nesting in artificial cavities in the Baixada Maranhense region.

Keywords: Cavity preexisting; Solitary wasps; Richness; Biodiversity; Maranhão.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
3.1. ÁREA DE ESTUDO	15
3.2. AMOSTRAGEM	18
3.3. ANÁLISE	20
4. RESULTADOS	21
4.1. RIQUEZA DE ESPÉCIES.....	21
4.2. INIMIGOS NATURAIS	Erro! Indicador não definido.
4.3. DIÂMETRO	25
4.4. NINHOS POR ÁREA.....	26
4.5. SIMILARIDADE DAS ÁREAS.....	26
4.6. ESTIMATIVAS DE RIQUEZA DE ESPÉCIES	27
4.7. ESPÉCIES RARAS	31
5. DISCUSSÃO	33
6. CONCLUSÃO.....	39
7. REFERÊNCIAS	41
8. APÊNDICES	51

1. INTRODUÇÃO

A diversidade biológica abrange, em seu conceito, todos os organismos vivos que fazem parte dos diversos ecossistemas, sejam eles terrestres ou aquáticos (Franco, 2013). Nesse contexto, o Brasil destaca-se por possuir uma grande biodiversidade. Isso se deve não apenas à sua localização em uma zona tropical, mas também à presença de diversos biomas em seu território. Estes biomas contribuem significativamente para os cerca de 20% de toda a diversidade biológica do planeta que o Brasil abriga (MMA, 2017).

Dos biomas presentes no Brasil, a Amazônia destaca-se como o maior em extensão territorial, abrangendo aproximadamente cinco milhões de km² e cobrindo cerca de 60% do país (Messias *et al.*, 2021). Este bioma não apenas abriga a maior parte da fauna e flora brasileira, mas também desempenha um papel crucial na manutenção dos serviços ecossistêmicos (Veríssimo & Pereira, 2014; Brock *et al.*, 2021). Contudo, o Bioma Amazônico tem enfrentado significativas alterações ambientais.

Em 2023, a Amazônia Legal registrou um total de 276.882,16 km² de áreas desmatadas, resultado de diversos incentivos ao agronegócio e da ausência de fiscalização contra o desmatamento ilegal e às queimadas (Borges, 2023). Esses impactos são mais pronunciados no chamado “Arco do desmatamento”, termo utilizado para descrever o desmatamento intenso nas bordas da Floresta Amazônica. Essa área concentra-se nos estados do Mato Grosso, Maranhão, Rondônia e Pará, sendo o Maranhão o quarto maior responsável pelo desmatamento da floresta amazônica e o quinto estado com mais desmatamento do Brasil, contribuindo com 8,2% (Messias *et al.*, 2021; MapBiomas, 2023).

Um dos principais impactos decorrentes da diminuição consecutiva do Bioma Amazônico é a perda da biodiversidade (Fearnside, 2006; Cândido *et al.*, 2018; Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). Essa redução resulta da ocupação do solo, uso inadequado dos recursos naturais, fragmentação dos habitats e aplicação de pesticidas e outros agentes poluentes, suscitando preocupações quanto à conservação da fauna (Ceballos *et al.*, 2017). Isso ocorre, uma vez que muitos animais são altamente dependentes de seus habitats e qualquer alteração pode causar impacto sobre suas comunidades, especialmente na fauna invertebrada (Morato & Campos, 2000; Thomazini & Thomazini, 2002; Gomes, 2021).

A fauna de invertebrados desempenha papéis essenciais em diversas interações com o ambiente, envolvendo-se na alimentação, polinização e interações com outros animais na teia trófica local (Triplehorn & Johnson, 2015). Dentro desse grupo, a Classe Insecta se destaca

como a mais representativa, contando com cerca de 2,96 milhões de espécies descritas (Li & Wiens, 2023).

No âmbito desta classe, a ordem Hymenoptera é uma das mais conhecidas, agrupando espécies de abelhas, vespas e formigas, que desempenham funções essenciais no ecossistema, como a polinização, o controle de insetos e a degradação da matéria orgânica. (Melo *et al.*, 2012). Além disso, têm importância significativa no cenário socioeconômico, contribuindo para a saúde pública e para a alimentação humana por meio dos produtos que produzem (Lasalle & Gauld, 1993; O'Neill, 2001; Melo *et al.*, 2012). Devido à sua relevância no ecossistema, essas espécies são frequentemente utilizadas como bioindicadoras de qualidade ambiental, respondendo rapidamente a mudanças no habitat e nas alterações da paisagem (Gayubo *et al.*, 2005; Gámez-Virúés *et al.*, 2015).

A ordem Hymenoptera é o terceiro grupo de insetos mais diversos do mundo, contendo mais de 150 mil espécies descritas (Huber, 2017; Peters *et al.*, 2017; Brothers, 2019). Somente na região Neotropical, são relatadas 33.640 espécies de himenópteros, sendo a maioria desses táxons endêmica dessa região (Fernandez, 2022). As vespas constituem um grupo parafilético composto por mais de 103.000 espécies descritas. Deste total, 70% são vespas parasitóides, enquanto as vespas Aculeata (vespas que têm o ovipositor modificado em ferrão, sendo útil para defesa e/ou predação) totalizam mais de 34 mil espécies (Melo *et al.*, 2012; Aguiar *et al.*, 2013; Branstetter *et al.*, 2017; Brothers, 2019). Entre essas espécies, 90% apresentam comportamento solitário (Evans & Eberhard, 1970; O'Neill, 2001), diferenciando-se das vespas sociais tanto na forma de nidificação quanto no provisionamento do ninho.

Nas vespas solitárias, a fêmea realiza a nidificação em cavidades pré-existentes, podendo ocorrer no solo ou em orifícios na madeira. Estes ninhos que utilizam o substrato vegetal podem ser vistos em galhos de árvores, gomos de bambu, cavidades já existentes no tronco, aproveitamento de espaços feitos por outros insetos, dentre muitos outros tipos (Krombein, 1967; O'Neill, 2001). Quanto ao provisionamento dos ninhos, a fêmea captura proteínas animais, utilizando aranhas, baratas, larvas de lepidópteros e de outros insetos como alimento para o desenvolvimento dos imaturos (Krombein, 1967; Batista, 2010; Trad & Silvestre, 2017). Esse processo é essencial para a regulação das populações das presas utilizadas pelas vespas (LaSalle & Gauld, 1993; Brock *et al.*, 2021).

O comportamento de nidificação dos himenópteros em cavidades pré-existentes permite extrair informações sobre a biodiversidade de um local, além de esclarecer características

relacionadas à arquitetura do ninho, razão sexual e interações parasita-hospedeiro (Krombein, 1967; Buschini *et al.*, 2006; Farias, 2021; Deus *et al.*, 2023).

Devido a esta característica, estudos que empregam a técnica de ninhos-armadilha, desenvolvida por Krombein (1967), têm facilitado a amostragem de abelhas e vespas solitárias que aceitam as cavidades ofertadas. Essa abordagem consiste na oferta de cavidades artificiais que simulam os diversos orifícios naturalmente encontrados. Esses ninhos podem ser confeccionados a partir de blocos de madeira, cartolina, gomos de bambu, tubos de vidro, canudos plásticos, caixas de madeira, dentre outros materiais (Krombein, 1967; Aguiar & Martins, 2002).

Portanto, a utilização de ninhos-armadilha é considerada um método simples e eficaz para a coleta de espécies de himenópteros em uma determinada área que utilizam esse recurso, reduzindo a possibilidade de coleta de espécies transitórias acidentais (Camillo *et al.*, 1995; Tschardtke *et al.*, 1998; Staab *et al.*, 2018). Todavia, apesar do método ser amplamente utilizada no Brasil para a amostragem de abelhas e vespas, são escassos os dados focados nas vespas solitárias, especialmente no estado do Maranhão (Muniz & Azevedo, 2010; Matos *et al.*, 2016). Isso demanda um estudo que não apenas explore a diversidade de vespas solitárias na região, mas que também ilustre a estrutura da comunidade.

Além disso, o relevante papel das vespas solitárias nos ecossistemas justifica o esforço em compreender a estrutura de sua comunidade para promover a conservação desses insetos, uma vez que tem sido correlacionada de maneira indireta com a qualidade do habitat (Gámez-Virúés *et al.*, 2015). Essa correlação evidencia os efeitos da fragmentação do ambiente em sua composição faunística, bem como a influência de outros fatores que podem degradar o ambiente (Gayubo *et al.*, 2005; Cosme *et al.*, 2019; Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019).

Portanto, destaca-se a importância de estudos que abordem as comunidades de vespas solitárias que nidificam em cavidades artificiais, proporcionando uma compreensão mais aprofundada sobre o impacto de fatores ambientais nesse grupo específico (Tschardtke *et al.*, 1998; Morato & Campos, 2000; Morato, 2001).

2. OBJETIVOS

- Objetivo geral
 - Descrever a estrutura da comunidade de vespas que nidificam em cavidades pré-existent em três áreas da Baixada Maranhense.

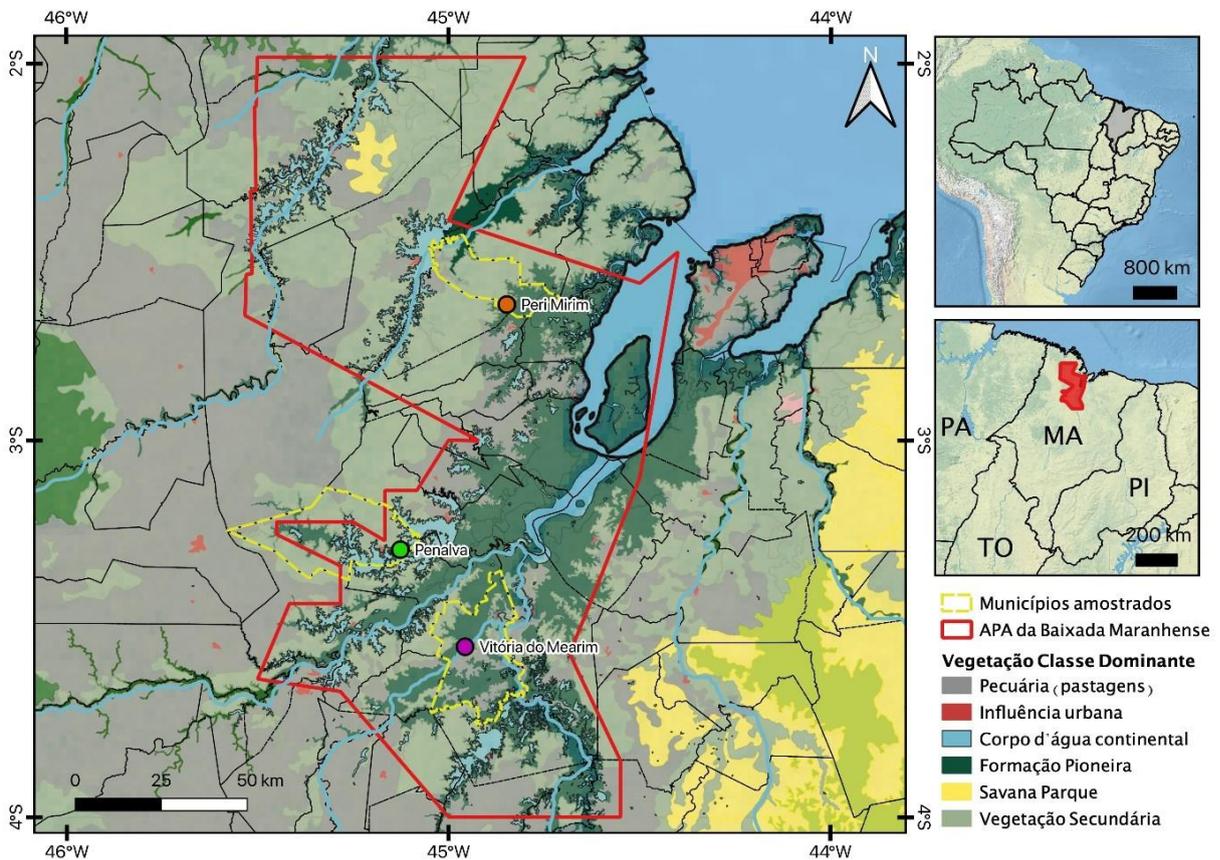
- Objetivos específicos
 - Analisar e estimar a riqueza e abundância das vespas em ninhos-armadilha nas áreas de estudo;
 - Observar possíveis diferenças na composição e diversidade de espécies entre as áreas de estudo;
 - Observar a frequência de nidificação por diâmetro dos ninhos-armadilha utilizados pelas vespas;
 - Registrar os inimigos naturais das espécies nidificantes.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

Esse estudo foi realizado de agosto de 2013 a julho de 2014 em três municípios da Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense: Peri Mirim, Penalva e Vitória do Mearim (Fig. 1). A Baixada Maranhense é uma microrregião do Maranhão localizada na mesorregião norte do estado, caracterizada por campos naturais inundáveis com imensos lagos que alagam as planícies terrestres (IMESC, 2019). A Baixada é considerada uma importante Área de Preservação Ambiental (APA), de acordo com o decreto nº 11.900 de 11 de junho de 1991, abrangendo uma área de 1.775.035,6 ha e englobando diversos ecossistemas essenciais, como manguezais, babaçuais, mata ciliares e bacias lacustres formadas pelos rios Mearim, Pindaré, Turiaçu, Pericumã e Aurá (Pinheiro & Souza, 2022; Araujo *et al.*, 2019).

Figura 1: Localização da APA da Baixada Maranhense e das três áreas de estudo, sendo Peri Mirim (laranja), Vitória do Mearim (roxo) e Penalva (verde).



Fonte: Mapa produzido por David Barros Muniz

Os locais de estudo estão situados nos municípios de Peri Mirim (Parque Agroecológico de Buritirana, 2°38'22.5"S 44°50'51.9"W), Penalva (Fazenda Canadá, 3°17'25.4"S 45°07'35.1"W) e Vitória do Mearim (Fazenda Coque, 3°33'23.5"S 44°56'41.2"W). A escolha dessas localidades deve-se à proximidade dos cursos de água, sendo o Rio Pericumã, Pindaré e Mearim os mais próximos das localidades de estudo respectivamente.

A Baixada Maranhense está situada na Amazônia Oriental, apresentando uma rica biodiversidade de fauna e flora (Santos *et al.*, 2020). Os estudos sobre a flora e fauna terrestre são incipientes, principalmente no que se refere à fauna invertebrada, com a maioria deles focada apenas em Hymenoptera: Apidae, deixando de lado os dados sobre as vespas da região (Carvalho *et al.*, 2016; IMESC, 2019; Farfan *et al.*, 2022).

Além disso, devido à sua localização estar na transição entre os biomas Amazônia e Cerrado, o clima da região é influenciado por eles, bem como pela presença dos sistemas

aquíferos. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (1931), o clima desta região é predominantemente tropical (Aw), com temperaturas médias anuais em torno de 27 °C, e apresenta duas estações fortemente definidas: a estação chuvosa (de janeiro a julho) e a estação seca (de agosto a dezembro), com precipitação anual variando de 1.800 a 2.500 mm (Lima *et al.*, 2009; Araújo *et al.*, 2019; Corrêa *et al.*, 2023).

A região da Baixada Maranhense é composta por planícies sujeitas a alagamentos e estiagens constantes, o que determina a presença de um solo de caráter hidromórfico. A quantidade de nutrientes no solo é influenciada pelo ciclo chuvoso e pelas inundações das bacias lacustres. Dessa forma, a variação constante de nutrientes resulta em um solo de natureza ácida, composto principalmente por argila e silte, e que contém quantidades significativas de alumínio, magnésio e cálcio (Moura, 2004; Lima *et al.*, 2007; Ferreira, 2017; Araujo *et al.* 2019).

A topografia das planícies também desempenha um papel importante, pois naturalmente revela as áreas sujeitas a inundações, assim como aquelas que permanecem secas mesmo durante a época chuvosa. Isso resulta na criação de ambientes ecologicamente diversos, visto que nas áreas que normalmente inundam, durante o período de estiagem, desenvolvem-se plantas de porte herbáceo, como o capim-de-marreca (*Paspalum conjugatum* P.J.Bergius), capim-andráquice (*Leersia hexandra* Sw.), canarana (*Panicum amplexicaule* Rudge), guarimã (*Ischnosiphon* sp.), junco (*Juncus* sp.) e outras gramíneas que desempenham um papel fundamental na formação de pastagens para o gado (Lafontaine & Lafontaine, 2009).

Além destas espécies herbáceas, a região da Baixada Maranhense, por estar inserida no Bioma Amazônico, possui uma alta riqueza de espécies comum a esse bioma, representadas pelas famílias botânicas mais características, como Annonaceae, Burseraceae, Chrysobalanaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lauraceae, Lecythidaceae, Malvaceae, Meliaceae, Moraceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Sapindaceae e Sapotaceae (IMESC, 2020). Além disso, muitas outras famílias botânicas típicas da Amazônia desempenham um papel ecológico relevante com os polinizadores, incluindo famílias como Amaranthaceae, Arecaceae, Asteraceae, Urticaceae, Lamiaceae, Salicaceae (Corrêa *et al.* 2011).

Quanto à descrição vegetacional, seguiu-se o que foi proposto por Pinheiro *et al.* (2010), Muniz (2015) e Pinheiro e Souza (2022). A paisagem em Penalva é caracterizada pelo sistema de planícies alagadas, onde predominam os campos herbáceos e as matas de igapó nas áreas inundadas. Os campos consistem principalmente de gramíneas e ciperáceas, compostos em sua maioria por espécies herbáceas, adaptadas a ambientes com presença de água. Por outro lado,

as matas de igapó são mais extensas, permanecendo alagadas por meses e abrigando uma vegetação higrófila que se estende até as áreas não inundadas. As famílias botânicas com maiores riquezas de espécies na região incluem Anacardiaceae, Araceae, Arecaceae, Myristicaceae, Lecythidaceae e Urticaceae, (Araújo & Pinheiro, 2018).

Em Peri Mirim, a vegetação é composta por uma floresta ombrófila densa, acompanhada por áreas de mata secundária nas terras firmes, onde são registradas espécies como embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec.) e babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.). Nas áreas de campo, a vegetação herbácea predomina, com destaque para o capim (*Rhynchospora terrima* Nees ex Spreng.) e o junco (*Juncus effusus* L.) como elementos notáveis. Nas regiões inundadas, o aguapé (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.) e o buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) são as espécies dominantes. Já nas áreas de terra firme com níveis reduzidos de alagamento, é possível observar também a presença de açáí (*Euterpe oleracea* Mart.), tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) e jeniparana (*Gustavia augusta* L.) (IMESC, 2013).

A tipologia vegetal de Vitória do Mearim é principalmente secundária e arbustiva, com predominância de palmeiras babaçu. Entretanto, ainda existem alguns remanescentes de mata primária preservada. Nessas áreas, ocorre uma abundante vegetação arbórea densa, além de matas de galeria ao longo das margens de córregos ou igarapés. São características da área o açáí, a bacaba (*Oenocarpus distichus* Mart.) e o guarimã-do-mato (*Ischnosiphon arouma* (Aubl.) Körn.).

3.2. AMOSTRAGEM

Para realizar a coleta de vespas, utilizou-se a técnica de amostragem por meio de ninhos-armadilha (Krombein, 1967). Essa técnica consistiu na utilização de dois blocos de madeira, cada um medindo 15 x 30 x 130 mm. No centro de cada bloco, foram criados orifícios de profundidades iguais e dispostos longitudinalmente, de modo que, quando unidos com fita adesiva, formassem cavidades de diferentes diâmetros (4, 6, 8, 10, 13 e 15 mm).

Nas áreas de estudo, com o auxílio de um GPS (Sistema de Posicionamento Global), foram delimitados três transectos de 500 metros. A cada 100 metros, um conjunto de ninhos-armadilha era colocado, totalizando seis conjuntos amostrais por transecto. Esses conjuntos amostrais eram compostos por uma estrutura retangular de policloreto de vinila (PVC) que abrigava 12 ninhos-armadilhas, sendo dois de cada diâmetro. Os conjuntos amostrais eram amarrados com cordas sintéticas em troncos de árvores do sub-bosque a 1,5 metro de altura em relação ao solo (Fig. 2). Desta forma, foram instalados 18 conjuntos amostrais por área

estudada, totalizando 54 conjuntos amostrais e 648 ninhos-armadilha disponíveis na região de estudo.

Figura 2: Unidade amostral demonstrando a disposição dos ninhos-armadilha no cano PVC e no sub-bosque, a 1,5 m do solo.



Fonte: David Barros Muniz.

Os ninhos-armadilha foram inspecionados mensalmente durante o período de agosto de 2013 a julho de 2014, totalizando 12 meses de amostragem. Durante a inspeção, os que estavam ocupados foram retirados, e o espaço restante foi preenchido com outro ninho-armadilha do mesmo diâmetro para não afetar a disponibilidade de cavidades. Os ninhos ocupados foram fechados com fita adesiva e registrada a data da coleta, o ponto do transecto, o diâmetro e fotografados. Em seguida, foram levados para o Laboratório de Ecologia e Sistemática de Insetos Polinizadores e Predadores (LESPP), localizado no Departamento de Biologia da Universidade Federal do Maranhão, Campus Dom Delgado.

No laboratório, foram colocados tubos de ensaio na abertura do ninho, aguardando a emergência dos adultos, que posteriormente eram sacrificados em câmara mortífera, com

anotação das informações do ninho coletado e data de emergência. Em seguida, os espécimes foram montados em alfinetes entomológicos, etiquetados e depositados na coleção do LESPP. Todas as coletas foram realizadas pelo Prof. Dr. David Barros Muniz, durante o seu mestrado, no entanto, os dados das vespas não foram utilizados em sua dissertação (Muniz, 2015).

3.3. ANÁLISE DE DADOS

Para estimar a riqueza de vespas nas áreas amostradas, utilizou-se o programa EstimateS (Versão 9.1) (Colwell *et al.* 2023). O número total de espécies observadas nas amostras (S_{obs}) é representado por uma curva aleatorizada de acumulação de espécies, a partir da qual é gerado um gráfico que demonstra a quantidade de esforço amostral empregado. A interpretação da curva possibilita determinar se ainda existem espécies não coletadas ou se o esforço amostral abrangeu a totalidade das espécies presentes no local (Santos, 2003; Colwell *et al.* 2004; Magurran, 2011).

Foram utilizados seis estimadores de riqueza não paramétricos, sendo possível dividi-los em dois tipos: aqueles que utilizam a abundância das espécies e os que usam a incidência das espécies nas amostras. Os estimadores ACE (*Abundance-based Coverage Estimator*) e Chao 1 utilizam a abundância das espécies, sendo o ACE baseado nas espécies raras, com menos 10 indivíduos na amostra, e o Chao 1 fundamentado nas espécies raras, com apenas um indivíduo (*singletons*) e dois indivíduos (*doubletons*).

Por outro lado, os estimadores que utilizam a incidência das espécies nas amostras foram ICE, Chao 2, Jackknife 1 e Bootstrap. O ICE (*Incidence-based Coverage Estimator*) é caracterizado por usar as espécies encontradas em menos de 10 amostras. Chao 2 utiliza as espécies observadas em apenas uma (*unique*) e duas (*duplicates*) amostras. O Jackknife 1 aplica-se somente aos *uniques*. Já o Bootstrap difere dos demais estimadores, pois não se restringe às espécies raras, utilizando dados de todas as espécies coletadas para estimar a riqueza total (Santos, 2003).

Para avaliar a semelhança na composição da fauna de vespas nas áreas de estudo, foi empregado o índice de similaridade de Jaccard no software PAST (Versão 4.04). Este índice mede a semelhança entre duas comunidades, levando em consideração o número de espécies presentes em ambas as áreas, o número de espécies exclusivas em cada uma delas e o número de espécies compartilhadas entre ambas (Albuquerque *et al.* 2016).

Os dados foram aleatorizados 9.999 vezes para eliminar o efeito de ordem na análise, possibilitando a geração de análises com maior precisão. Todos os dados utilizados são provenientes dos ninhos e dos indivíduos emergidos, considerando as coletas mensais como amostras, totalizando-se 12 amostras.

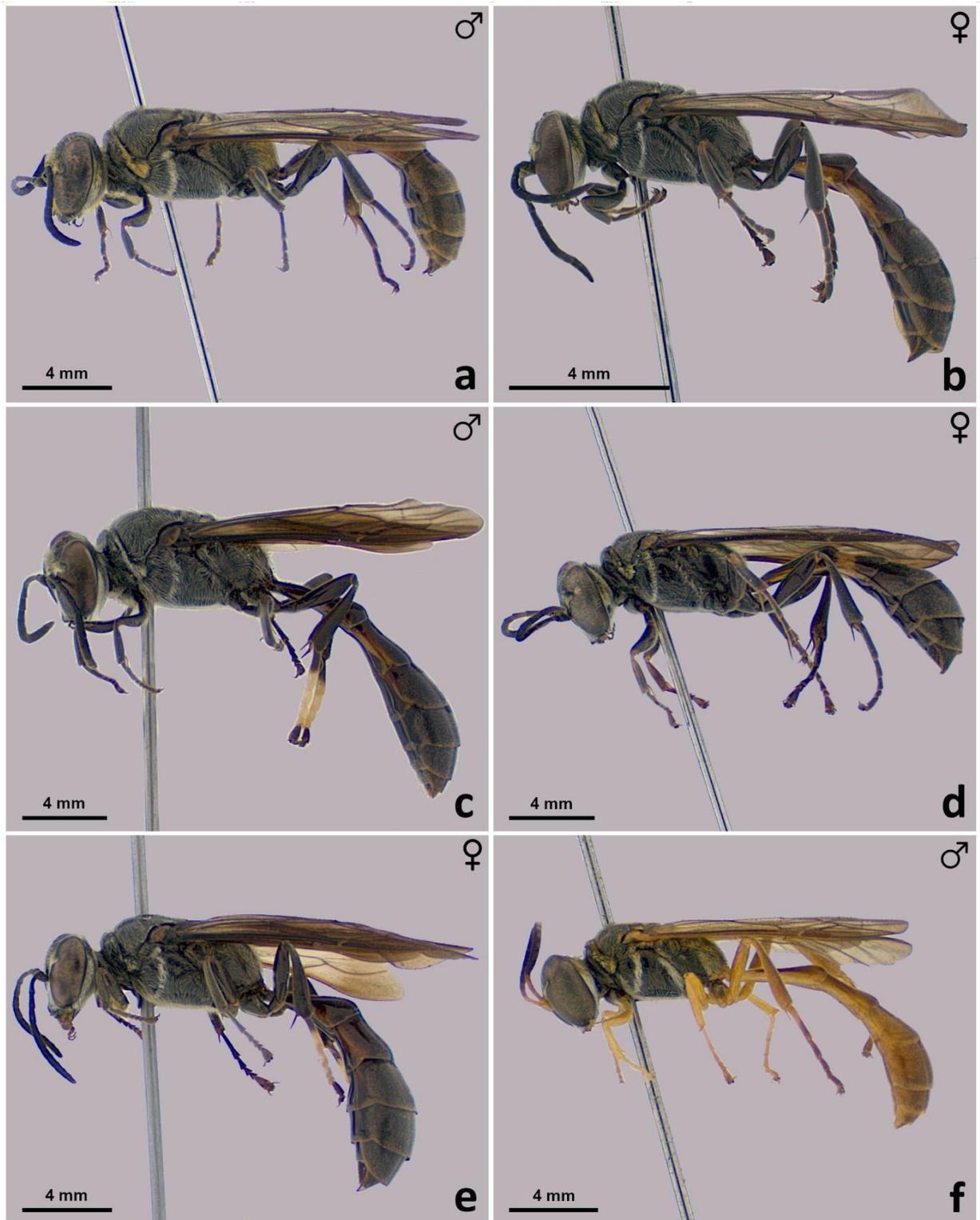
4. RESULTADOS

4.1. RIQUEZA DE ESPÉCIES

No período de agosto de 2013 a julho de 2014, foram coletados 227 ninhos de vespas, sendo 170 (74,1%) da família Crabronidae, 36 (16,7%) da família Pompilidae, 18 (7,9%) da família Vespidae e três (1,3%) da família Sphecidae. Destes ninhos, emergiram 727 indivíduos incluindo os parasitas, sendo que desse total, as vespas da família Crabronidae foram representadas por 481 (68,1%) indivíduos, Pompilidae por 167 (23,6%), Vespidae por 53 (7,5%) e Sphecidae por cinco (0,7%) indivíduos (Apêndice A).

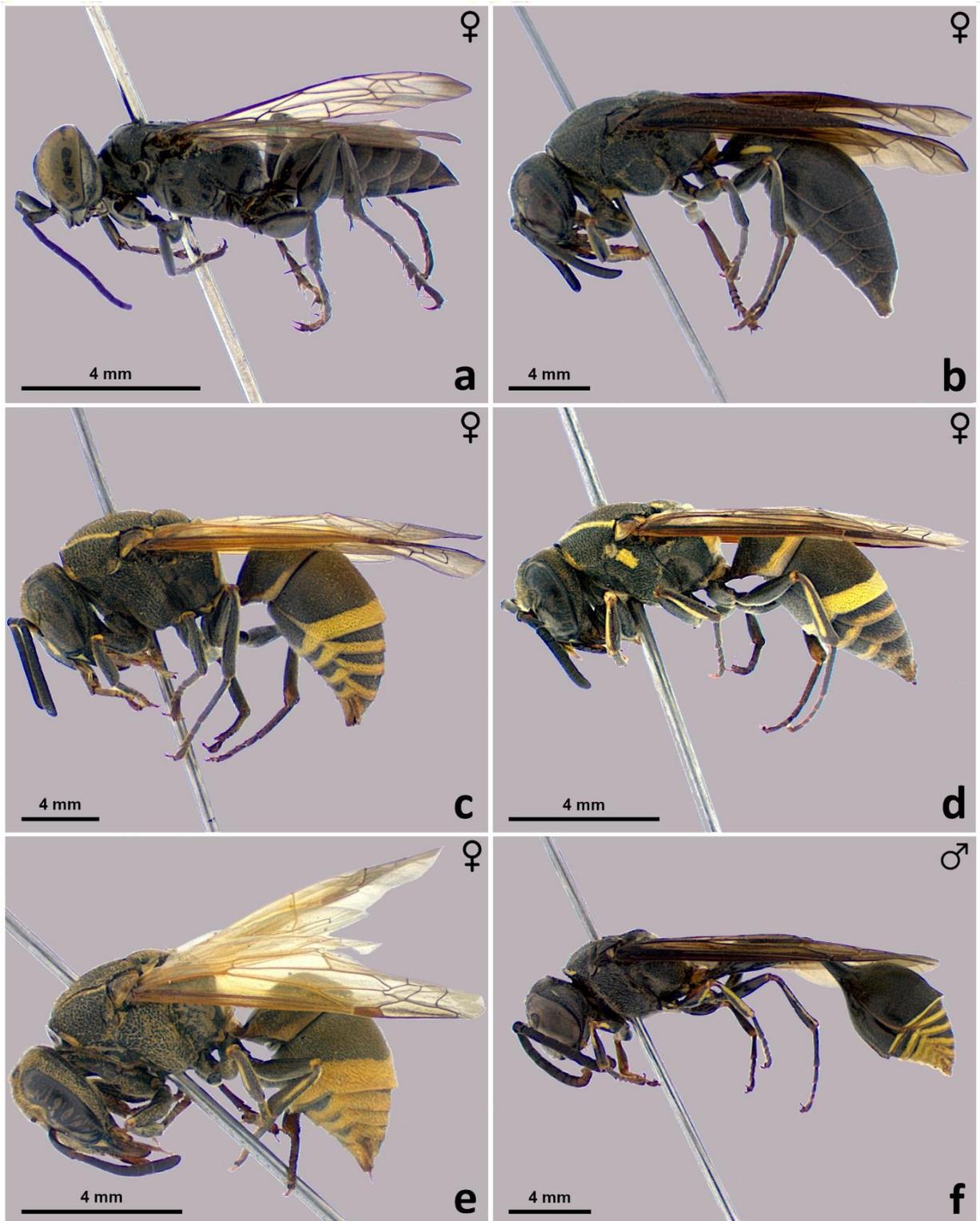
Dos ninhos, foram encontradas 16 espécies de vespas fundadoras, sendo sete de Crabronidae (*Trypoxylon (Trypargilum) personatum* Amarante, 1991; *Trypoxylon (Trypargilum) nitidum* Smith, 1856; *Trypoxylon (Trypargilum) rogenhoferi* Kohl, 1884; *Trypoxylon (Trypargilum) lactitarse* Sausurre, 1867; *Trypoxylon (Trypargilum) fugax* Fabricius, 1804; *Trypoxylon (Trypargilum) xanthandrum* Richards, 1934 e *Liris (Leptolarra)* sp.), três de Pompilidae (*Auplopus* cf. *rufipes* (Banks, 1946); *Priochilus captivum* (Fabricius, 1804) e *Priochilus* aff. *regius* (Fabricius, 1804)), cinco de Vespidae (*Monobia angulosa* (Sausurre, 1852); *Zethus (Zethus) giseleae* Hermes e Lopes, 2018; *Pachodynerus grandis* Willink & Roig-Alsina, 1998, *Pachodynerus guadulpensis* (Sausurre, 1853) e *Pachodynerus nasidens* (Latreille, 1817)), e apenas uma espécie de Sphecidae (*Isodontia costipennis* Spinola, 1851). Todos eles estão representados nas figuras 3.1, 3.2 e 3.3.

Figura 3.1: Vista lateral das espécies nidificantes de Crabronidae (A- *T. fugax*; B- *T. nitidum*; C- *T. lactitarse*; D- *T. personatum*; E- *T. rogenhoferi*; F- *T. xanthandrum*).



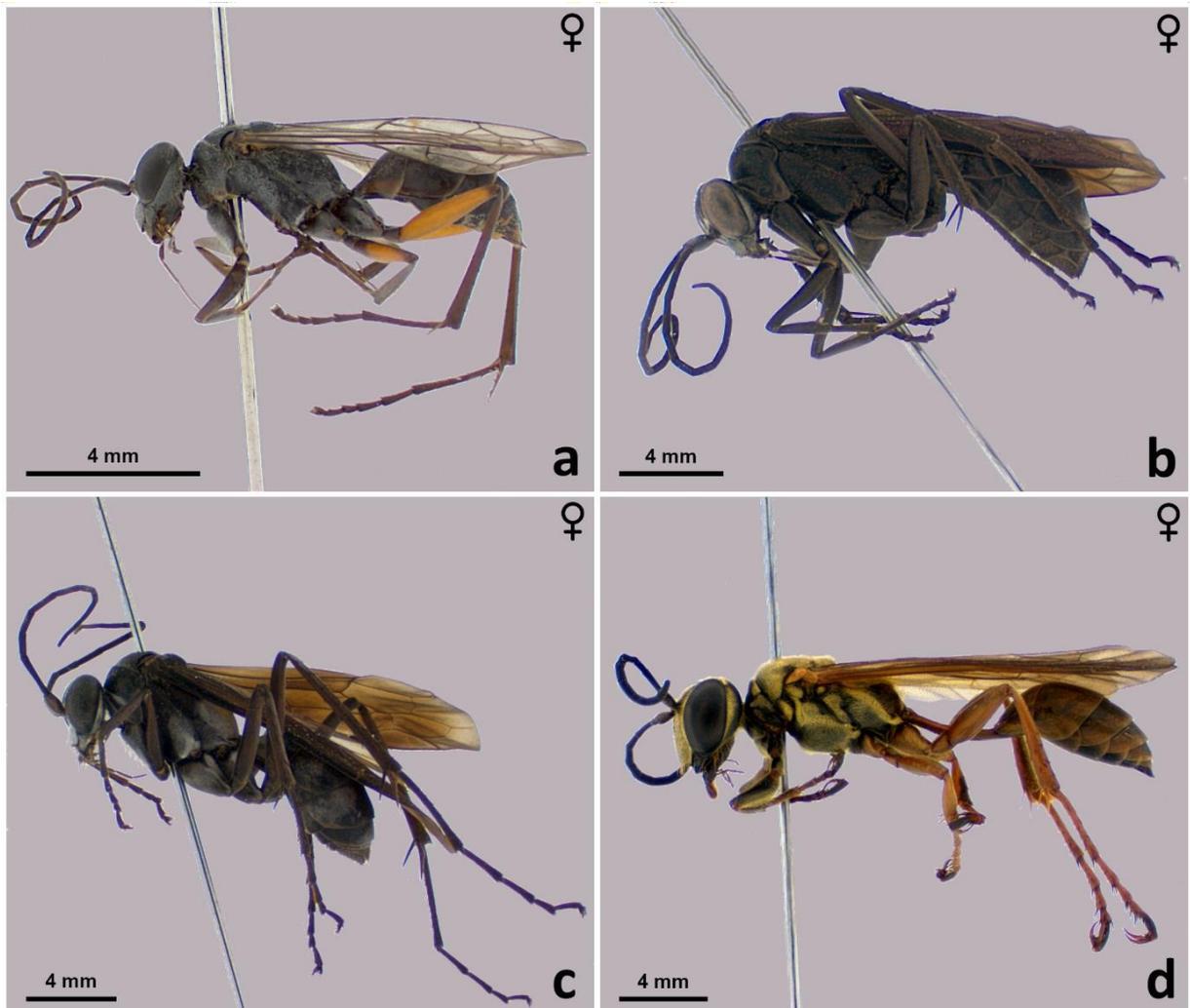
Fonte: Imagem produzida pelo autor.

Figura 3.2: Vista lateral das espécies nidificantes de Crabronidae (A- L. (*Leptolarra*) sp.) e de Vespidae (B- *M. angulosa*; C- *P. grandis*; D- *P. guadulpensis*; E- *P. nasidens*; F- *Z. giseleae*).



Fonte: Imagem produzida pelo autor.

Figura 3.3: Vista lateral das espécies nidificantes de Pompilidae (A- *A. cf. rufipes*; B- *P. captivum*; C- *P. aff. regius*) e de Sphecidae (D- *I. costipennis*).



Fonte: Imagem produzida pelo autor.

As espécies *T. rogenhoferi*, *T. nitidum* e *T. personatum* apresentaram o maior número de ninhos fundados ($n= 60, 46, 45$, respectivamente), e as espécies com maior número de indivíduos emergidos foram, respectivamente, *T. personatum*, *T. rogenhoferi* e *A. cf. rufipes* ($n= 165, 151, 136$).

Quanto à amplitude de emergência por ninho, as espécies com as maiores amplitudes foram: *A. cf. rufipes* (1 a 16 indivíduos), *P. grandis* (2 a 9 indivíduos), *T. rogenhoferi* e *T. nitidum* (1 a 9 indivíduos) e *T. personatum* (1 a 8 indivíduos).

4.2. INIMIGOS NATURAIS

Dos 227 ninhos, 21 (9,2%) estavam parasitados, e dos 727 indivíduos emergidos, 25 (3,43%) eram de parasitas. Os inimigos naturais dos ninhos foram representados por duas espécies de vespas cleptoparasitas e duas vespas parasitóides respectivamente (*Neochrysis* cf. *bubba* Kimsey, 1985; *Pleurochrysis postica* (Brullé, 1846), *Brachymeria* sp. e Eulophidae), dois de dípteros (*Lepidophora* sp. e Tachinidae) e um coleóptera (*Macrosiagon* sp.).

Dos ninhos parasitados, o díptera *Lepidophora* sp. foi o mais abundante, sendo coletado em ninhos de *T. rogenhoferi* (1,6%), *T. nitidum* (2,1%), *T. personatum* (4,4%), *T. lactitarse* (6,2%) e *Auplopus* cf. *rufipes* (10,0%) (Apêndice A).

Quanto às vespas cleptoparasitas da família Chrysididae, *P. postica* foi coletado em ninhos de *T. nitidum* (2,1%), *T. personatum* (2,2%) e *T. lactitarse* (18,7); *Neochrysis* cf. *bubba* parasitou apenas *T. rogenhoferi* (5,0%). *Brachymeria* sp. (Chalcididae) teve como hospedeiro *Priochilus captivum* (7,1%) e *A. cf. rufipes* (5,0%) (Apêndice A).

Os demais parasitas foram encontrados em menor abundância, como Tachinidae, que parasitou ninhos de *T. rogenhoferi* (1,6%) e *T. nitidum* (2,1%); Eulophidae, que parasitou apenas ninhos de *T. lactitarse* (6,2%); e o coleóptero *Macrosiagon* sp., que foi encontrado somente em ninhos de *Pachodynerus grandis* (16,6%) (Apêndice A).

Dentre as espécies que foram parasitadas, *T. lactitarse* foi a que obteve a maior taxa de ninhos parasitados (31,1%) e de inimigos naturais, conforme evidenciado por *Pleurochrysis postica*, *Lepidophora* sp. e Eulophidae (Apêndice A).

4.3. DIÂMETRO

As vespas utilizaram todos os diâmetros de ninhos-armadilhas oferecidos. Os diâmetros com maiores porcentagens de nidificação foram os de 6 mm (27,8%), 4 mm (21,6%) e 8 mm (16,8%). Observou-se que os orifícios de 10 mm foram utilizados em maior quantidade por *Z. giseleae* (n= 3; 33,3%), *A. cf. rufipes* (n= 6; 30,0%) e *P. captivum* (n= 4; 28,7%). Os de 13 mm foram preferencialmente utilizados por *P. grandis* (n= 2; 33,3%) e *A. cf. rufipes* (n= 5; 25%). Quanto aos ninhos de 15 mm de diâmetro, estes foram utilizados em menor quantidade, porém ainda foram bem aproveitados por *A. cf. rufipes* (n= 8; 40%) e *P. captivum* (n= 5; 35,7%) (An. D).

Foi observado que as espécies da família Crabronidae possuem uma maior preferência por diâmetros menores, sendo os orifícios de 4, 6 e 8 mm os mais escolhidos (81,7%). As espécies *T. fugax*, *T. xanthadrum* e *L. (Leptolarra)* sp. nidificaram apenas em orifícios de 4 mm (n= 1; 100%). As espécies *T. personatum* (42,2%) e *T. nitidum* (54,3%) nidificaram preferencialmente também em orifícios de 4 mm de diâmetro. Em contrapartida, as espécies de Pompilidae nidificaram preferencialmente em diâmetros maiores, sendo os orifícios de 10, 13 e 15 mm os mais utilizados (88%) (An. I).

Apenas *T. rogenhoferi* foi amostrado utilizando todos os diâmetros oferecidos, porém com preferência para orifícios de 6 mm (33,3%). Em relação a outras espécies de vespas, não foi possível observar uma preferência devido ao baixo número de ninhos amostrados para cada diâmetro (An. I).

4.4. NINHOS POR ÁREA

A área em que mais ninhos foram fundados foi Penalva (n= 88, 39%), seguida por Vitória do Mearim e Peri Mirim com números iguais (n= 69; 30,5%). Em relação ao número de emergentes, Penalva obteve a maior taxa, com 41,5% (n= 292), seguida por Vitória do Mearim, com 33,3% (n= 234), e Peri Mirim, com 25% (n= 176). Quanto ao número de espécies fundadoras, Vitória do Mearim teve a ocorrência de 12 espécies, seguida por Penalva com nove espécies e Peri Mirim com seis espécies (An. I).

As espécies encontradas em comum nas três áreas de estudo foram: *T. personatum*, *T. rogenhoferi*, *T. nitidum*, *A. cf. rufipes* e *P. captivum*. Além destas, *T. lactitarse* também foi encontrada nas três áreas, entretanto, em Peri Mirim, sua amostragem foi realizada durante a coleta piloto e não foi incluída nas análises.

Dentre as 16 espécies, cinco ocorreram apenas em Vitória do Mearim (*T. xanthadrum*, *L. (Leptolarra)* sp., *Priochilus* aff. *regius*, *P. grandis* e *P. gualdulpensis*), duas somente em Penalva (*T. fugax* e *Z. giseleae*) e uma em Peri Mirim (*M. angulosa*) (An. I).

4.5. SIMILARIDADE DAS ÁREAS

A similaridade foi analisada a partir da composição de espécies de uma localidade e de seus transectos (Fig. 4), tornando possível identificar uma maior similaridade entre Vitória do Mearim e Penalva, com coeficiente de até 38,19%. Quanto a Peri-Mirim, notou-se uma tendência de agrupamento significativo em grande parte de seus transectos, indicando que sua composição de espécies foi mais semelhante, porém, limitada somente a sua área.

Figura 4: Transectos de cada local, sendo a imagem superior esquerda de Vitória do Mearim, a superior direita de Peri Mirim e a inferior de Penalva.



Fonte: Imagens produzidas por David Barros Muniz.

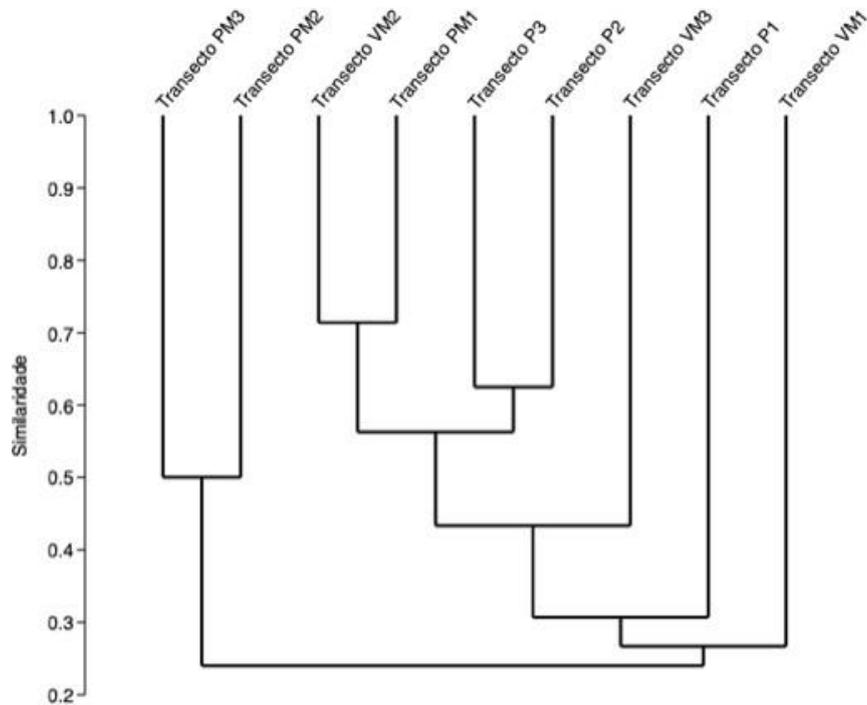
Os transectos 2 de Vitória do Mearim (VM2) e 1 de Peri Mirim (PM1) foram os mais similares, com coeficiente de 71,4%. Isso ocorreu porque todas as espécies observadas no transecto de Peri Mirim também foram coletadas em Vitória do Mearim, apresentando uma maior similaridade, como ilustrado na Figura 5.

4.6. ESTIMATIVAS DE RIQUEZA DE ESPÉCIES

Nas três áreas, as estimativas de riqueza de espécies variaram consideravelmente entre os estimadores, como mostrado nas Figuras 6, 7 e 8. A curva do coletor (Sobs) demonstra o número de espécies amostradas, sendo que para cada curva, obteve-se um intervalo de confiança de 95%. Das áreas de estudo, Vitória do Mearim foi o local com maior número de espécies coletadas, com a curva de acumulação (Sobs) fechando em 12 espécies. Dois estimadores coincidiram com o Sobs, sendo eles o Chao 1 e o ACE. Bootstrap e Chao 2 obtiveram estimativas intermediárias, com ≈ 14 espécies. Além disso, dois estimadores foram

encontrados fora do intervalo superior de confiança, sendo eles: Jacknife 1 e ICE, estimando ≈ 17 spp. cada. Isso sugere que entre 70,5% a 100% das espécies locais foram amostradas (Figura 6).

Figura 5: Gráfico de Similaridade dos nove transectos das áreas de estudo (Vitória do Mearim (VM), Peri Mirim (PM) e Penalva (P)). Quanto mais próximo do 1, mais similar são os pontos.



Fonte: Produzido pelo autor no software Past.

Em Penalva, o valor do observado foi de 10 espécies, os estimadores que menos estimaram foram Bootstrap e Chao 2 com ≈ 12 espécies, sendo que o Chao 2 apresentou um constante crescimento durante todas as amostras, mas na antepenúltima, houve um declínio, finalizando próximo ao Bootstrap. Já Chao 1 obteve uma estimativa intermediária, apresentando ≈ 13 espécies. Além destes, três estimadores também ficaram fora do intervalo de confiança superior, sendo o Jacknife 1 com ≈ 14 espécies, ICE e ACE, que estimaram ≈ 15 spp. cada. Ao todo, estes estimadores indicam que foram amostradas de 66,6% a 83,3% das espécies locais (Figura 7).

Quanto a Peri-Mirim, encontrou-se seis espécies (Sobs), e os que menos estimaram foram Bootstrap e Chao 1, com \approx sete espécies. Aqueles que possuíram estimativas intermediárias foram Jacknife 1 e ACE, com oito espécies. Além deles, dois estimadores

também foram encontrados fora do intervalo de confiança, sendo o Chao 2 estimando 10 spp. e o ICE, 11 spp. Portanto, Peri-Mirim cobriu cerca de 54,5% a 85,7% das espécies locais, sendo essa, a área com menor cobertura amostral (Figura 8).

O estimador ICE ficou fora do intervalo de confiança para todas as áreas, estimando acima do previsto pela curva do coletor (Sobs). Jacknife 1 ficou fora em apenas duas localidades (Penalva e Vitória do Mearim), quanto a Chao 2, este foi encontrado fora apenas em um local (Peri-Mirim). Para todos esses estimadores, quando considerado o desvio padrão inferior, suas estimativas entravam no intervalo de confiança da curva do coletor (Sobs).

Para o grupo de vespas estudadas, em nenhum dos três locais as curvas de acumulação de espécies observadas se estabilizaram. Quanto a curva dos estimadores, apesar do ICE superestimar, apenas ele tendeu a estabilização em Vitória do Mearim e Penalva. Em Penalva, além do ICE, o Jacknife 1 também demonstrou tendência a estabilizar. Em Peri Mirim nenhum estimador atingiu a assíntota ou tendeu a atingir.

Figura 6: Curva de acumulação de espécies aleatorizada e estimadores de riqueza obtidos para a área de Vitória do Mearim.

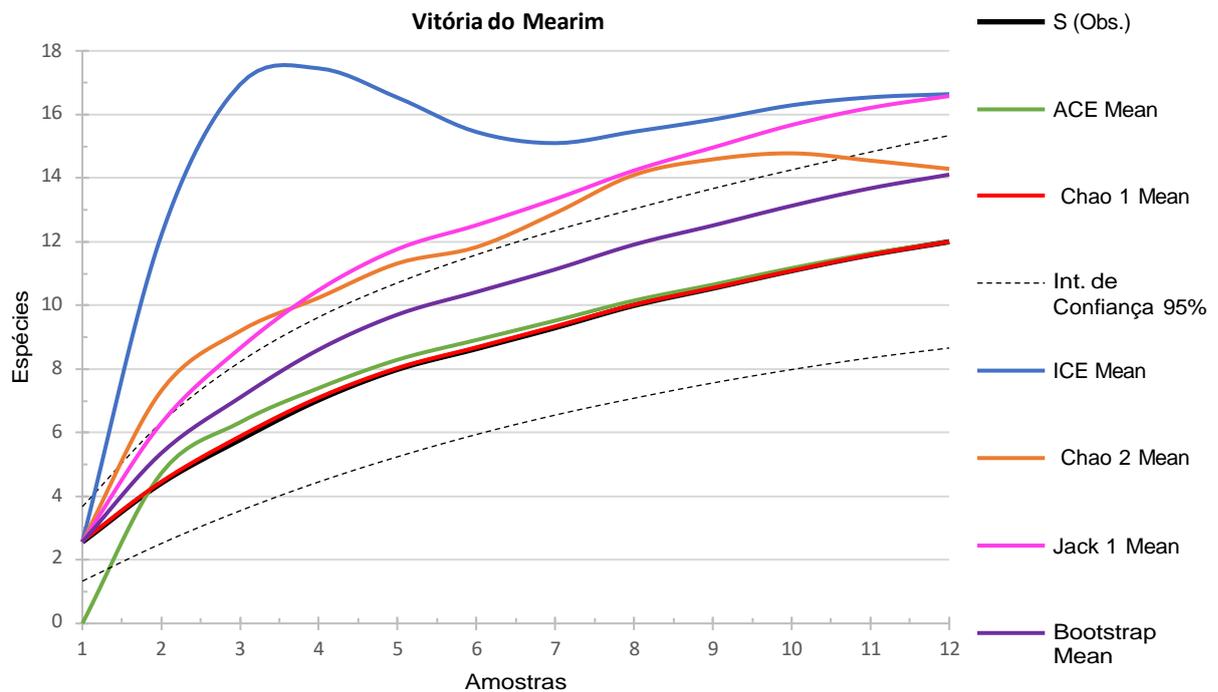


Figura 7: Curva de acumulação de espécies aleatorizada e estimadores de riqueza obtidos para a área de Penalva.

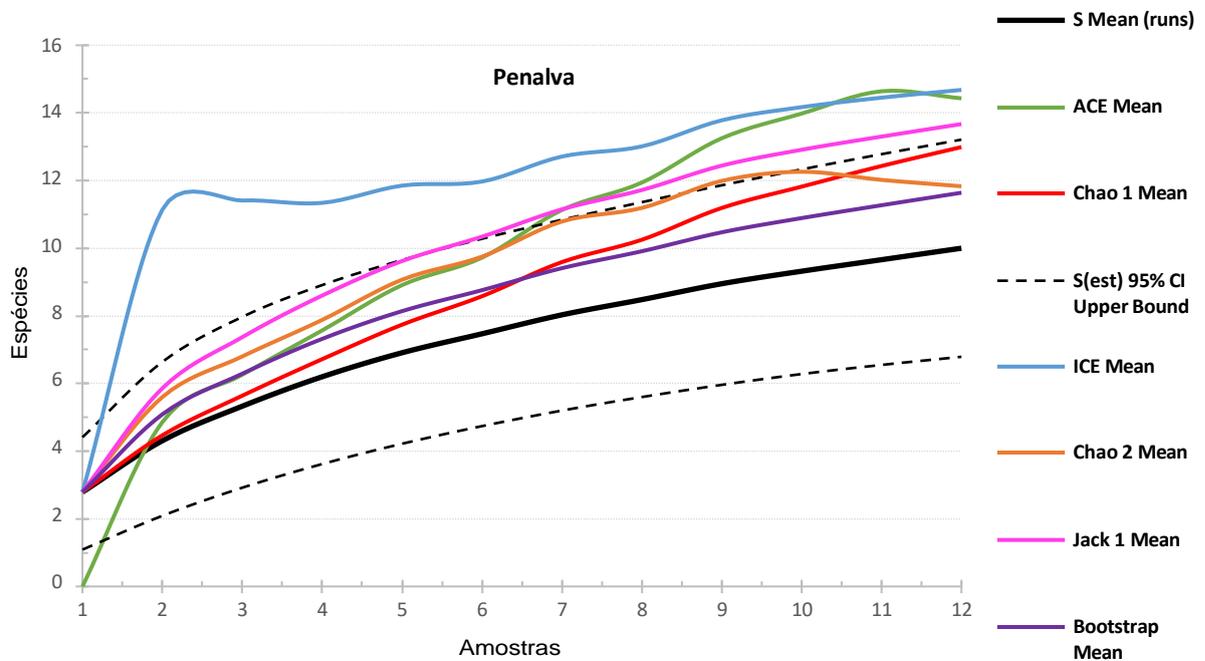
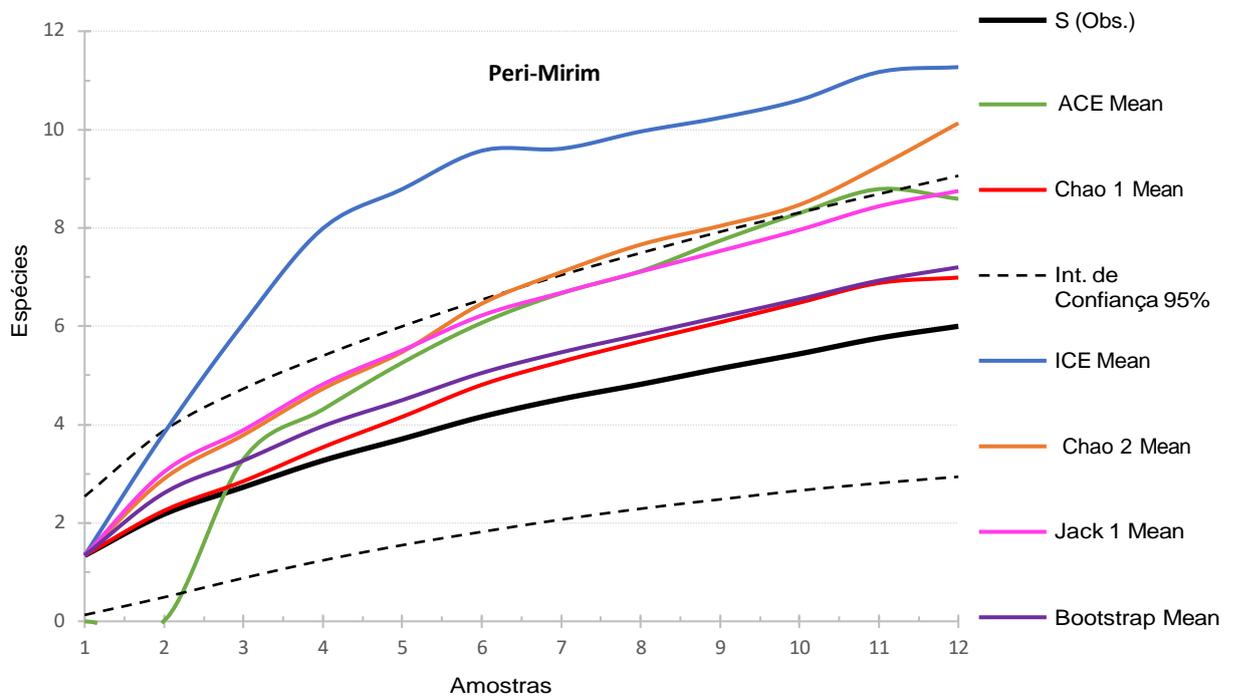


Figura 8: Curva de acumulação de espécies aleatorizada e estimadores de riqueza obtidos para a área de Peri-Mirim.



4.7. ESPÉCIES RARAS

Do total de espécies coletadas em Vitória do Mearim, não foram encontradas nenhuma espécie *singleton* e *doubleton*, porém, cinco espécies foram encontradas em apenas uma amostra (*L. (Leptolarra) sp.*, *P. aff. regius*, *P. grandis*, *P. gualdulpensis* e *T. xanthadrum*) (5 *uniques*) e três espécies em duas amostras (*I. costipennis*, *T. lactitarse* e *T. rogenhoferi*) (3 *duplicates*) (Figura 9, 10 e 11).

Em Penalva, três espécies fundaram um único ninho (*I. costipennis*, *P. nasidens*, *T. rogenhoferi*) (3 *singletons*) e nenhuma espécie fundou somente dois ninhos. Quatro espécies foram encontradas em apenas uma amostra (*I. costipennis*, *P. nasidens*, *T. fugax* e *T. rogenhoferi*) (4 *uniques*), e duas espécies em somente duas amostras (*P. captivum* e *Z. giseleae*) (2 *duplicates*).

Em Peri Mirim, foram amostradas apenas duas espécies fundando um único ninho (*M. angulosa* e *P. captivum*) (2 *singletons*) e nenhuma fundando apenas dois ninhos. Três espécies foram coletadas em apenas uma amostra (*A. cf. rufipes*, *M. angulosa* e *P. captivum*) (3 *uniques*) e apenas uma espécie encontrada em duas amostras (*T. nitidum*) (1 *duplicates*).

Figura 9: Gráfico de espécies raras para o município de Vitória do Mearim.

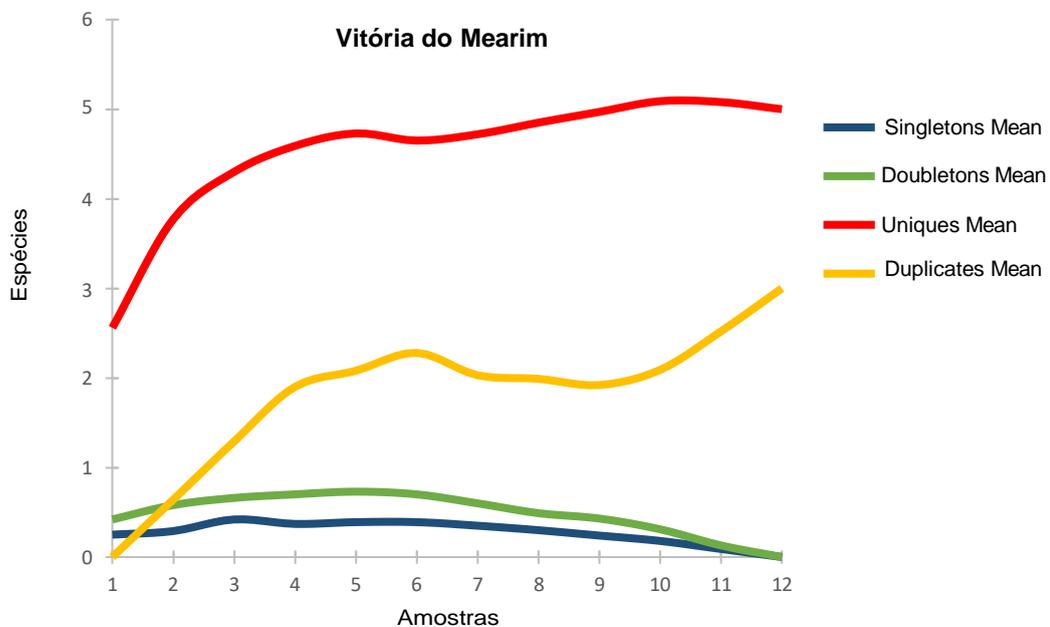


Figura 10: Gráfico de espécies raras para o município de Penalva.

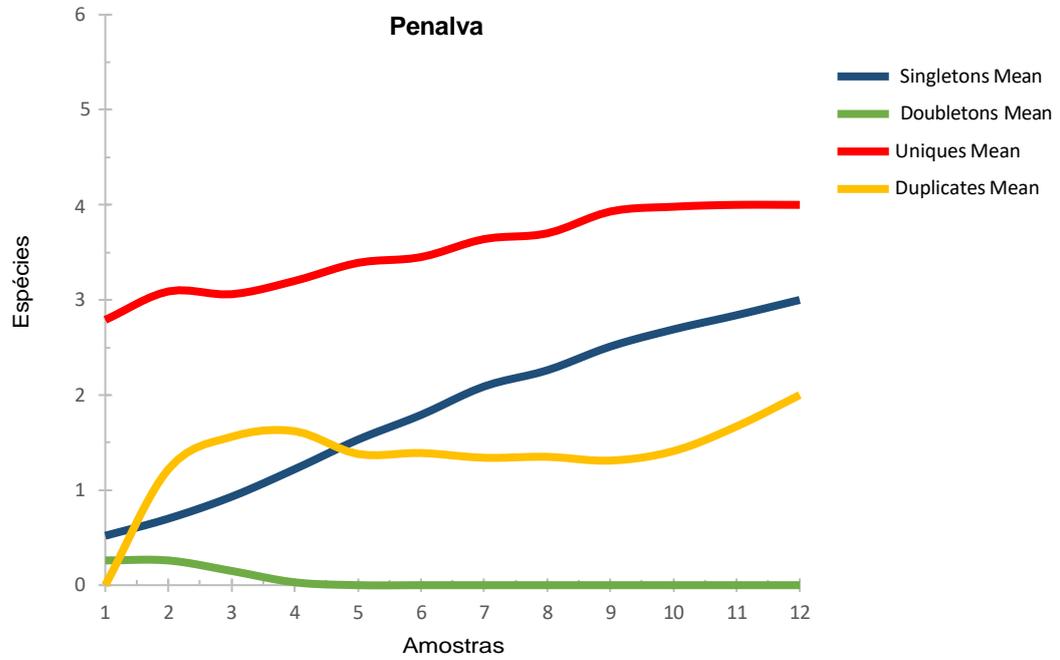
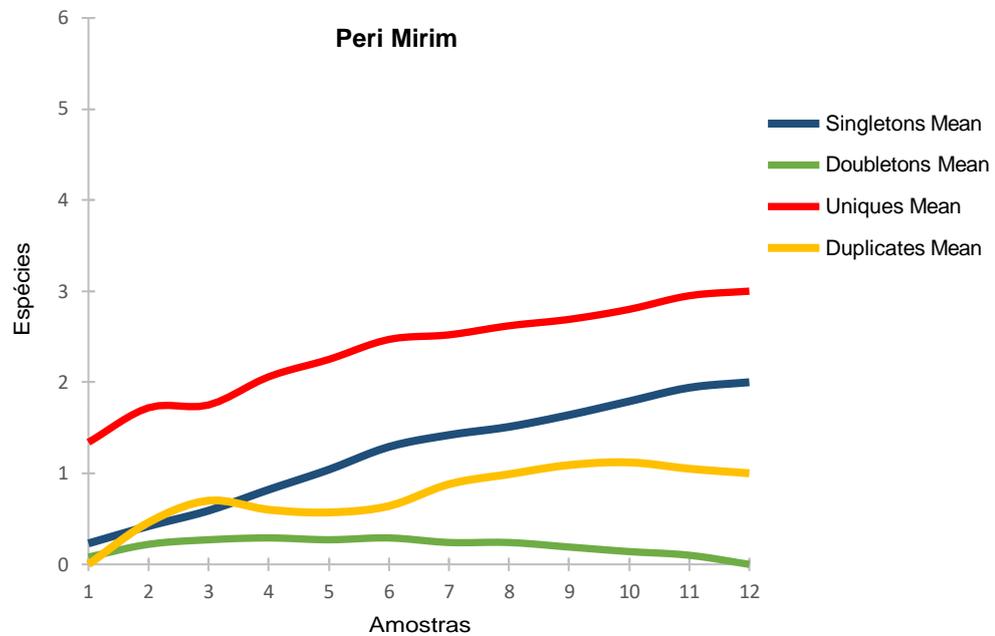


Figura 11: Gráfico de espécies raras para o município de Peri Mirim.



5. DISCUSSÃO

Neste estudo, foi observada uma notável riqueza de espécies de vespas fundadoras, sendo essa constatação relevante quando comparado com outros estudos que utilizaram a mesma técnica, porém dedicaram um período e esforço amostral consideravelmente superiores, e ainda assim registraram um número relativamente reduzido de espécies de vespas (conforme apresentado no Apêndice B).

O número de espécies de vespas nas áreas de estudo foi inferior apenas aos trabalhos de Rocha-Filho *et al.* (2017 e 2020), Buschini & Woiski (2008) e Morato & Campos (2000). Essa diferença pode estar associada ao tempo de amostragem e à localidade, devido à composição de espécies que varia conforme o bioma, vegetação e os recursos disponíveis nesses locais (Loyola & Martins, 2006; Buschini & Woiski, 2008; Iantas *et al.*, 2017).

Apesar de muitos estudos relatarem a biologia e ocorrência das espécies nidificantes por meio da técnica de ninho-armadilha (Assis & Camillo, 1997; Morato & Campos, 2000; Zanette *et al.*, 2005; Buschini & Woiski, 2008; Aguiar & Martins, 2002; Cruz, 2016; Salustiano *et al.*, 2021), de acordo com Aguiar & Martins (2002), é comum observar uma falta de padronização na amostragem em vários estudos, o que gera dificuldades na comparação com outros trabalhos. Isso ocorre devido ao uso de diferentes materiais para confecção dos ninhos, como os de bambu, cartolina, caixas de madeira e canudos, que impactam significativamente a disponibilidade de cavidades na região e, conseqüentemente, a composição das espécies nidificantes (Pires, 2012; Nascimento & Garófalo, 2014; Araújo *et al.*, 2017; Rocha-Filho *et al.*, 2020; Lima, 2020).

Além desses fatores, o diâmetro disponibilizado (Assis & Camillo, 1997), a altura dos ninhos em relação ao solo (Morato, 2001), a exposição solar dos ninhos, a orientação da entrada (Martins *et al.*, 2012) e a própria composição e abundâncias de espécies no local de estudo (Aguiar & Martins, 2002; Marinho & Vivallo, 2020) são aspectos que modificam a amostragem. Essas variações demandam uma padronização no método amostral para compreender os padrões de riqueza, abundância e distribuição das espécies nos ninhos-armadilha.

Mesmo diante da presença dessas variáveis, as pesquisas indicam que ambientes de florestas com vegetação primária apresentam uma maior riqueza de espécies (consulte o Apêndice B). Apesar de todos estes fatores, aqueles que exercem maior influência na riqueza de vespas são o número de ninhos ofertados e o período amostral (An. II). No entanto, é importante considerar que a heterogeneidade dos ambientes estudados influencia diretamente na distribuição de cada espécie (Flores *et al.*, 2018).

A heterogeneidade ambiental sugere que a riqueza e a abundância de espécies estão positivamente correlacionadas com a complexidade do ambiente em que habitam (Pianka, 1994). A disponibilidade e a diversidade de alimentos são dois dos principais fatores relacionados à qualidade do habitat e, conseqüentemente, à maior diversidade de espécies (Strong *et al.*, 1984; Araujo *et al.*, 2018; Flores *et al.*, 2018).

Em outras amostragens, Morato (2001) registrou uma maior riqueza de espécies de vespas em ninhos disponibilizados no dossel, a 8 m e 15 m do solo, do que no sub-bosque, a 1,5 m. Isso pode estar intimamente relacionado ao microclima formado no dossel e ao maior número de presas disponíveis para o provisionamento dos ninhos e aos locais adequados a certas alturas, uma vez que diferentes microclimas se formam em distintas alturas. Vespas da tribo Trypoxilini utilizam aranhas para o seu provisionamento, sendo que no dossel ocorre uma maior riqueza de espécies e abundância de presas úteis para a alimentação dos imaturos (Russel-Smith & Stork, 1995; Rodrigues, 2011).

No presente estudo, mesmo a uma altura de 1,5 m do solo, o resultado da riqueza de espécies foi inferior ao observado por Morato (2001). Se tivesse sido utilizado uma amostragem com maior variação na estratificação vertical nas áreas, a abundância e a riqueza de espécies poderiam ter sido consideravelmente maiores.

A composição de espécies de vespas obtida neste estudo contribui para a compreensão da distribuição das espécies e da diversidade local nas áreas amostradas. Observou-se, por meio do Catálogo Taxonômico da Fauna Brasileira (Hermes & Somavilla, 2023; Rosa & Muniz, 2023, Santos & Waichert, 2023) e de dados secundários os primeiros registros de algumas espécies para o Maranhão. *Isodontia costipennis* (Rosa & Muniz, 2023), *Priochilus captivum*, *P. aff. regius* (Santos & Waichert, 2023) e *P. grandis* (Hermes & Somavilla, 2023) representaram os primeiros registros no bioma Amazônico. Adicionalmente, as espécies raras nas amostras, como *T. fugax*, *T. xanthandrum* e *L. (Leptolarra) sp.*, também tiveram sua primeira ocorrência registrada no estado do Maranhão (Rosa & Muniz, 2023). Destaca-se a descrição de *Zethus giseleae* por Hermes & Lopes (2018), com holótipo coletado nesse estudo e na área de Penalva, no Maranhão.

Embora o presente estudo tenha amostrado espécies inéditas e raras, algumas pesquisas anteriores amostraram grande parte das espécies coletadas nesse estudo também na região do Maranhão, como *A. cf. rufipes*, *M. angulosa*, *P. gadulpensis*, *P. nasidens*, *T. lactitarse* e *T. nitidum* (Muniz & Azevedo, 2010; Matos *et al.* 2016). No entanto, é válido ressaltar que há um

grande impedimento taxonômico na identificação das vespas, o que inviabiliza análises comparativas de similaridade na fauna. Espécies coletadas neste estudo e identificadas até o menor nível taxonômico não puderam ser úteis quando comparadas com aquelas identificadas apenas até o nível de gênero.

Contudo, mesmo diante dos empecilhos, as espécies do gênero *Trypoxylon* foram as mais abundantes neste estudo, corroborando com outros trabalhos realizados com vespas solitárias que nidificam em cavidades pré-existentes no Brasil (Morato & Campos, 2000; Morato, 2001; Buschini & Woiski, 2008; Muniz & Azevedo, 2010; Nascimento & Garófalo, 2014; Iantas *et al.*, 2017; Araújo *et al.*, 2017; Rocha-Filho *et al.*, 2020).

Algumas espécies de vespas têm sido associadas a ambientes antropizados, como áreas de desmatamento, plantações e pastos (Camillo *et al.*, 1995; Morato & Campos, 2000), sendo elas: *T. nitidum* e *T. lactitarse*. Em áreas da Amazônia Central, a espécie mais abundante foi *T. rogenhoferi*, sugerindo que a dominância dessa espécie, mesmo em um ambiente florestal, indica que os fragmentos de floresta amazônica estudados estão sob influência de ações antrópicas, principalmente monocultura e pastos para criação de gado (Garcia & Adis, 1995; Morato & Campos, 2000).

No presente estudo, Crabronidae foi a família com a maior taxa de ninhos parasitados (52,2%), tendo como principais inimigos naturais as vespas cleptoparasitas *N. cf. bubba* e *P. postica*. Vespas da família Chrysididae têm sido frequentemente relatadas em associação com Crabronidae, especialmente o gênero *Trypoxylon* (Nascimento & Garófalo, 2014; Rocha-Filho *et al.*, 2019; Nether *et al.*, 2019), sugerindo uma possível especificidade nas relações parasita-hospedeiro. Além dessas vespas, Nascimento & Garófalo (2014) também verificaram a presença de *Brachymeria* sp. nos ninhos de Pompilidae, também em menor número.

Quanto a *Lepidophora* (Bombyliidae: Diptera), o parasitoide neste estudo esteve associado a grande parte das espécies de vespas fundadoras abundantes. Além disso, Bombyliidae possui amplos registros de parasitismos em ninhos, tanto de vespas quanto de abelhas (Assis & Camillo, 1997; Aguiar & Martins, 2002; Muniz & Azevedo, 2010; Pires *et al.*, 2012; Rocha-Filho *et al.*, 2019; 2020).

Em relação à presença de coleópteros, não é a primeira vez que há registros de parasitismos de ninhos por besouros (Cordeiro *et al.*, 2019; Lucia *et al.*, 2020; Eckert *et al.*, 2022). Suas altas taxas de parasitismo estão constantemente associadas a abelhas, sendo

escassos os estudos focados em vespas. Apesar disso, o besouro *Macrosiagon* sp. já foi anteriormente relatado por Aguiar *et al.* (2018) parasitando ninhos de *P. grandis*, além de verificar que essa espécie tem uma preferência por vespas Eumeninae. O presente estudo corrobora com esses dados, mesmo com um baixo número de ninhos de *P. grandis* parasitados.

Estas taxas de parasitoidismo e cleptoparasitismo estão intrinsecamente relacionadas à abundância do hospedeiro no ambiente, isto porque espécies mais abundantes possuem uma maior chance de serem parasitadas por mais de uma espécie parasita (Lewinsohn *et al.*, 2006). Além disso, a disponibilidade de cavidades pré-existent na vegetação e à quantidade de artrópodes presentes no ambiente, que são utilizados no aprovisionamento do ninho, influencia em uma maior fundação de ninhos, conseqüentemente, aumenta o número de parasitas associados a estes hospedeiros (Ebeling *et al.*, 2011).

Quanto à preferência pelos diâmetros utilizados na nidificação, Melo & Zanella (2010) observaram uma significativa diferença nos diâmetros escolhidos pelas vespas, sendo o tamanho de 6 mm o mais utilizado. No presente estudo, essa observação foi corroborada, com 27,8% de preferência das vespas por esse diâmetro. Essa prioridade por um determinado tamanho de orifício está intimamente relacionada ao tamanho corporal da vespa nidificante, pois diâmetros reduzidos dificultam a entrada da fêmea durante as atividades de construção e provisão das células, enquanto diâmetros maiores resultam em despesas adicionais de energia e recurso na elaboração dos ninhos (Krombein, 1967; Melo & Zanella, 2010). Dessa forma, acredita-se que cada espécie apresente um diâmetro de ninho ideal de acordo com sua métrica corporal.

Além disso, as espécies de Pompilidae foram observadas preferencialmente em ninhos de diâmetros maiores. Isso se deve, certamente, ao fato de que as fêmeas de *A. cf. rufipes*, *P. aff. regius* e *P. captivum* constroem seus ninhos com barro, em formatos de potes que demandam um espaço maior para sua preparação (Nascimento & Garófalo, 2014). Vale destacar também que o comportamento de nidificação de algumas vespas do gênero *Auplopus*, aproveita cavidades de diâmetros maiores para construir vários ninhos em formatos de barris, sendo útil um orifício maior para a livre movimentação das fêmeas durante a construção de seus ninhos (Zanette *et al.*, 2004; Buschini *et al.*, 2007; Marinho & Vivallo, 2020), tornando possível demonstrar esta arquitetura de ninho de *A. cf. rufipes* no presente estudo, observado no Apêndice C.

Dessa forma, a amplitude de emergidos por ninho também tende a ser alta (Marinho & Vivallo, 2020) sendo observado isto também no presente estudo, na qual *A. cf. rufipes* possui a maior amplitude de indivíduos emergidos, maior até do que *T. personatum*, que foi a espécie mais abundante na região estudada (An. I).

A similaridade entre as áreas foi analisada com base na composição de espécies, evidenciando a possível dependência dessas espécies em relação aos seus habitats quando comparado a estrutura vegetal dos locais. Um estudo conduzido por Muniz (2015) na mesma área permitiu a determinação da importância da cobertura vegetal para a riqueza de espécies de abelhas. O autor destaca que a cobertura vegetal em Penalva difere de Peri-Mirim e Vitória do Mearim, atribuindo isso à abundância de corpos hídricos que circundam a área, o que em algumas análises pode ser interpretado como uma área modificada/exposta.

No entanto, mesmo com as áreas propensas a alagamentos, Muniz (2015) argumenta que a riqueza de espécies de abelhas ainda foi maior em Penalva do que em Peri-Mirim, mesmo sendo este último um local aparentemente mais coberto. Correlacionando esse estudo com o trabalho atual sobre vespas, observou-se um padrão semelhante de riqueza nessas áreas, sendo Vitória do Mearim a mais rica, seguida por Penalva e Peri- Mirim.

Isto pode estar relacionado a vários fatores, como a disponibilidade de recursos para a construção dos ninhos e a quantidade de presas para o provisionamento do ninho, uma vez que as vespas utilizam aranhas, baratas e larvas de lepidópteros como alimento para sua prole (Loyola & Martins, 2008; Flores *et al.*, 2018). Portanto, em áreas impactadas ou que sofrem com a baixa oferta de recursos, ocorre uma modificação na riqueza de espécies, além de alterações nas interações dessas espécies com seus inimigos naturais (Gobatto *et al.*, 2023).

A curva de acumulação de espécies das áreas amostradas neste trabalho não se estabilizou, indicando que o esforço amostral não foi suficiente e que não foram coletadas todas as espécies presentes na área. Além disso, em nenhuma das áreas de estudo as curvas dos estimadores se estabilizaram, apenas tenderam a uma possível estabilização. Logo, se o esforço amostral fosse aumentado, o número de espécies estimadas também aumentaria.

Entretanto, Magurran (2011) comenta que as curvas de acumulação de insetos neotropicais dificilmente atingem a assíntota, pois exigem um esforço amostral muito árduo. No entanto, alguns fatores poderiam ter aprimorado o esforço amostral deste estudo, como a extensão do tempo de coleta, o aumento do número de ninhos disponíveis nas áreas de estudo

e a utilização de outras metodologias para ampliar o número de espécies nidificantes, como o uso de diferentes materiais para a confecção dos ninhos (bambu, canudo, cartolina, etc.).

Foi possível observar também que os estimadores que levam em consideração a abundância de espécies na amostra, como ACE (Chao & Lee, 1992; Chao *et al.*, 2000) e Chao 1 (Chao, 1984; 1987), obtiveram os menores valores estimados, o que se deve ao baixo número de *singletons* e *doubletons* nas áreas amostradas. Por outro lado, os estimadores que utilizam a incidência na amostra, como Chao 2 (Chao, 1987) Jackknife 1 (Burnham & Overton, 1978; 1979) e ICE (Magurran, 2011; Chao *et al.*, 2000) foram os que mais estimaram, pois em todas as áreas, foi possível perceber esse alto número de espécies únicas (*uniques*).

Segundo Chazdon *et al.* (1998), para um estimador ser considerado bom e eficiente para o estudo, ele precisa: ser independente do tamanho da amostra; insensível a diferentes padrões de distribuição (agrupado, disperso ou aleatório); insensível a ordem de amostragem e imperturbável a heterogeneidade do ambiente. Dessa forma, ao comparar os estimadores de abundância e de incidência utilizados neste estudo, percebe-se como as métricas de abundância foram sensíveis ao tamanho amostral.

Chazdon *et al.* (1998) explicam como ACE e Chao 1 são dependentes do tamanho da amostra, podendo fornecer baixas estimativas de espécies, principalmente quando o método amostral é baseado na agregação aleatória dos dados. Além disso, estimadores de abundância são frágeis em ambientes heterogêneos, visto que a configuração vegetativa, modificações climáticas, mortalidade e grau de conservação do habitat são os principais fatores para alterar a diversidade de vespas (Trad & Silvestre, 2017; Flores *et al.*, 2018; 2019; Coutinho *et al.*, 2020).

Também é perceptível a ocorrência de um padrão com muito mais ninhos que aparecem em apenas uma amostra (*uniques*) do que espécies com um só ninho (*singletons*), certamente está relacionado ao próprio método de ninho-armadilha, pois as espécies nidificantes costumam agrupar seus ninhos, geralmente, construindo mais de um ninho em um mesmo local. Chazdon *et al.* (1998) observou também que a medida em que novas espécies eram encontradas com o aumento do tamanho amostral, era reduzido a distribuição das espécies de forma aleatória para agregada. Isso foi percebido para os estimadores ACE e Chao 1 neste estudo, cuja eram sensíveis também a esta agregação, estimando valores baixos.

Além destes, Jackknife 1 e Bootstrap apresentaram um comportamento de curva muito linear, quase nunca alterando do proposto pela curva do coletor (Burnham & Overton, 1978;

1979; Hellmann & Fowler, 1999), apesar de estimarem valores razoáveis neste estudo, esse comportamento indica uma dependência ao tamanho da amostra (Magurran, 2011) não sendo tão útil para um estudo com ninhos-armadilha.

Por outro lado, os estimadores ICE e Chao 2 apresentaram bons comportamentos de curva e de valores de riqueza, isto devido aos seus valores de *uniques* e *duplicates* estarem sempre altos. Além disso, são insensíveis ao tamanho amostral e a agregação das espécies, sendo um importante preditor da riqueza de uma área. Walther & Martin (2001), Longino *et al.* (2002) e Ernesto (2013) observaram o ótimo desempenho destes estimadores em fornecer boas estimativas da riqueza de espécies, corroborando com o presente trabalho também.

Dessa forma, o método facilita muito mais o uso dos estimadores de incidência ICE e Chao 2, do que os de abundância de espécies raras. Sendo assim, os estimadores que utilizam a incidência tornaram-se mais viáveis para predizer a totalidade da riqueza de espécies nas áreas estudadas.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo possibilitou a descrição e compreensão da comunidade de vespas solitárias que nidificam em ninhos-armadilha na região da Baixada Maranhense. A riqueza de vespas nas três áreas do Maranhão foi maior do que em outros estudos, registrando ainda algumas espécies inéditas para a região. As vespas Crabronidae foram as mais abundantes, com destaque para as espécies *T. rogenhoferi*, *T. nitidum* e *T. personatum*, cuja dominância nos ambientes indica possíveis perturbações no habitat. Os ninhos de Pompilidae, por ter uma arquitetura diferente, nidificam em cavidades de diâmetros maiores. As áreas Vitória do Mearim e Penalva foram as mais similares devido à proximidade e composição vegetativa local, demonstrando que são áreas mais preservadas. Entretanto, Peri Mirim por estar distante e conter em sua totalidade uma vegetação de mata secundária, a riqueza de espécies foi menor e diferente das demais áreas.

As estimativas de riqueza apresentaram um desempenho superior com os estimadores de incidência ICE e Chao 2, recomendando-se para estudos com ninhos-armadilha devido a sua insensibilidade ao tamanho amostral e a agregação de espécies. A área analisada abriga uma rica fauna de vespas solitárias que nidificam em cavidades pré-existentes, contribuindo para o entendimento da ecologia e diversidade de vespas na Amazônia Oriental, destacando a necessidade de preservação desses ambientes. Entretanto, mesmo que este estudo seja um

avanço para a compreensão das faunas de vespas solitárias da região, recomenda-se a execução de estudos posteriores para a conservação do bioma amazônico.

7. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P. M. C, FERREIRA, R.G., RÊGO, M. M. C., SANTOS, C. S., BRITO, C. M. S. Levantamento da fauna de Abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) na região da "Baixada Maranhense": Vitória do Mearim, MA, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 3, p. 419–419, 2001.
- ALBUQUERQUE, M. A.; SILVA, E.L.; BARROS, K.N.N.O, JUNIOR, S.F.A.X. Comparação entre coeficientes similaridade: uma aplicação em ciências florestais. **Revista Matemática e Estatística em Foco** 4 (2), 102-114, 2016
- AGUIAR, A. P.; DEANS, A. R.; ENGEL, M. S.; FORSHAGE, M.; HUBER, J. T.; JENNINGS, J. T.; JOHNSON, N. F.; LELEJ, A. S.; LONGINO, J. T.; LOHRMANN, V.; MIKO, I.; OHL, M.; RASMUSSEN, C.; TAEGER, A.; YU, D. S. K. Order Hymenoptera. **Zootaxa** 3703, 51–62, 2013.
- AGUIAR, A. J. C.; MARTINS, C. F.. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, p. 101–116, 2002.
- AMORIM, C. S. **Plantas espontâneas de interesse para a Baixada Maranhense**: Potencial de práticas agroecológicas para o controle e segurança alimentar. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Ciências Naturais Licenciatura, Universidade Federal do Maranhão, Pinheiro, 30 f., 2021.
- ARAÚJO, G. J.; FAGUNDES, R.; ANTONINI, Y. Trap-Nesting Hymenoptera and Their Network with Parasites in Recovered Riparian Forests Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 47, n. 1, p. 26-36, 2017.
- ARAÚJO, N. A. de; PINHEIRO, C. U. B. Composição florística e fitossociologia das matas do lago formoso no município de Penalva, Baixada Maranhense, Amazônia Legal Brasileira. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, São Luís, v. 25, n. 1, 2018.
- ARAÚJO, G. J., MONTEIRO, G. F., MESSIAS, M. C. T. B. & ANTONINI, Y.. Restore it, and they will come: trap-nesting bee and wasp communities (Hymenoptera: Aculeata) are recovered by restoration of riparian forests, **Journal of Insect Conservation**, v. 22, p. 245-256, 2018
- ARAÚJO, E. C. E.; SOUSA, V. F.; FERREIRA, J. D. M. **Características edafoclimáticas da Baixada Maranhense**. Embrapa Cocais, São Luís, MA, 7 p, 2019.
- ASSIS, J. M. F.; CAMILLO, E.. Diversidade, sazonalidade e aspectos biológicos de vespas solitárias (Hymenoptera: Sphecidae: Vespidae) em ninhos armadilhas na região de Ituiutaba, MG. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, n. 2, p. 335–347, 1997.
- BATISTA, M. C. **Resposta da comunidade de vespas e abelhas solitárias (Insecta:Hymenoptera) ao uso da terra**. 2010, 96f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia), Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2010.

- BORGES, G. P. R. **Desmatamento na Amazônia: um estudo bibliográfico**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal do Pampa, Itaqui, 36 f., 2023.
- BROCK, R.E.; CINI, A.; SUMNER, S. Ecosystem services provided by aculeate wasps. **Biologicals Reviews**, 96: 1645-1675, 2021.
- BROTHERS, D.J. Aculeate Hymenoptera: Phylogeny and Classification. In: Starr, C. (eds) **Encyclopedia of Social Insects**. Springer, Cham. 2019.
- BRANSTETTER, M. G.; DANFORTH, B. N.; PITTS, J. P.; FAIRCLOTH, B. C.; WARD, P. S.; BUFFINGTON, M. L.; GATES, M. W.; KULA, R. R.; BRADY, S. GPhylogenomic insights into the evolution of stinging wasps and the origins of ants and bees. **Current Biology**, v. 27, p. 1019–1025, 2017.
- BURNHAM, K. P.; OVERTON, W. S. Estimation of the size of a closed population when capture probabilities vary among animals. **Biometrika**, v. 65 (3), p. 625–33, 1978.
- BURNHAM, K. P.; OVERTON, W. S. Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. **Ecology**, v. 60 (5), p. 927–36, 1979.
- BUSCHINI, M.L.T. Species diversity and community structure in trap-nesting bees in Southern Brazil. **Apidologie** v. 37, 58–66, 2006.
- BUSCHINI, M. L. T.; NIESING, F.; WOLFF, L. L. Nesting biology of *Trypoxylon* (*Trypargilum*) *lactitarse* Saussure (Hymenoptera, Crabronidae) in trap-nests in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 3, p. 919–929, 2006.
- BUSCHINI, M.L.T.; WOISKI, T.D. Alpha–beta diversity in trap-nesting wasps (Hymenoptera: Aculeata) in Southern Brazil **Acta Zoologica**, 89: 351-358, 2008.
- BUSCHINI, M.L.T.; LUZ, V.; BASILIO, S. Comparative aspects of the biology of five *Auplopus* species (Hymenoptera; Pompilidae; Pepsinae) from Brazil. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 45: 329-335, 2007.
- CAMILLO, E.; GARÓFALO, C.A.; SERRANO, J.C.; MUCCILLO, G. 1995. Diversidade e abundância sazonal de abelhas e vespas solitárias em ninhos armadilhas (Hymenoptera: Apocrita: Aculeata). **Revista Brasileira de Entomologia**, 39: 459-470, 1995.
- CÂNDIDO, M.; MORATO, E.F.; STORCK-TONON, D.; MIRANDA, P.N.; VIEIRA, L.J.S. Efeitos de fragmentos e características da paisagem na riqueza de abelhas das orquídeas (Apidae: Euglossini) em matriz urbana, sudoeste da Amazônia. **Jornal de Conservação de Insetos**, v. 22, p. 475-486, 2018.
- CARRANO-MOREIRA, A. F. **Insetos: manual de coleta e identificação**. 2ªed. Rio de Janeiro: Technical Books, 369 p., 2015.
- CARVALHO, G. C. A.; RIBEIRO, M. H. M.; ARAUJO, A. C. A. M.; BARBOSA, M. de M.; OLIVEIRA, F. dos S.; ALBUQUERQUE, P. M. C. de. Flora De Importância Polínica Utilizada Por *Melipona* (*Melikerria*) *Fasciculata* Smith, 1854 (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) Em

Uma Área De Floresta Amazônica na Região da Baixada Maranhense, Brasil. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 01, p. 58-68, abr. 2016.

CEBALLOS, G.; EHRLICH, P. R.; DIRZO, R. Bio-logical annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population loss-es and declines. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 114(30), p. 6089-6096, 2017.

CHAO, A. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. **Scandinavian Journal of Statistics**, v. 11, n 4, p. 265–70, 1984.

CHAO, A. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. **Biometrics**, v. 43, 4: 783, 1987.

CHAO, A., AND S.-M. LEE. Estimating the number of classes via sample coverage. **Journal of the American Statistical Association**, v. 87 (417), p. 210–17, 1992.

CHAO, A.; HWANG, W.H.; CHEN, Y.C; KUO, C.Y. Estimating the number of shared species in two communities. **Statistica Sinica**, v 10, n. 1, p. 227–46, 2000.

CHAZDON, R.L., COLWELL, R.K., DENSLOW, J.S., GUARIGUATA, M.R.. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forests of Northeastern Costa Rica. **Man and the Biosphere Series**. v. 20, 285-309, 1998.

COLWELL, R. K.; MAO, C. X.; CHANG. J.; Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology** v. 85, pag. 2717-2727., 2004.

COLWELL, R. K., MARGARITA; DANIEL; TÉLLEZ, B. A. M.; ROMERO, V., SOLDAN, L. P.; LIU, X. **EstimateS_9.1_Windows**. 2023.

CORDEIRO, G.; BOFF, S.; ALVES-DOS-SANTOS, I. Trap-nesting Bees Communities from Protected Areas of Atlantic Forest, Southeastern Brazil. **Sociobiology**, Feira de Santana, Brazil, v. 66, n. 2, p. 306–315, 2019.

CORRÊA, M. J. P.; ARAÚJO, M. S.; SILVA, M. R. M.; FREITAS, A. C. R. de. Levantamento da flora espontânea na cultura do feijão caupi sob manejo de capoeira triturada no município de Santa Luzia do Paruá - MA. Fortaleza, **Cadernos de Agroecologia**, 5 p., 2011.

CORRÊA, W.; CARVALHO, M. W. L.; MENDES, T. J. Atualização da classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 32, n. 19, p. 517–543, 2023.

COSME, D. C., NEVES, C. M. L., BADJI, C. A., RIBEIRO, P. V., SOUZA, A. V., SILVA FILHO, J. G. Solitary wasps diversity (Hymenoptera: Aculeata) indifferent cultivation environments. **Revista Diversitas Journal**, v. 4, n.3, p. 1156-1170, 2019.

COSTA, C. C. F.; GONÇALVES, R. B. Living in the sunlight: micro-environments with higher exposure of sunlight have more abundance and diversity of Hymenoptera in a Brazilian Atlantic Forest fragment. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 67, n. 3, p. e20220111, 2023.

CRUZ, R. L.. **Abelhas e vespas solitárias (Hymenoptera, Aculeata) ocupando ninhos-armadilha e recursos alimentares utilizados por *Centris (Heterocentris) analis* e *Centris (Heterocentris) terminata* (Hymenoptera, Centridini) em um fragmento de Mata Atlântica**. 2016. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.

COUTINHO, J.G.E, ANGEL-COCA, C., BOSCOLO, D., VIANA, B.F. Heterogeneous agroecosystems support high diversity and abundance of trap-nesting bees and wasps among tropical crops. **Biotropica.**; v. 52, p. 991–1004, 2020

DALLMEIER, F., COMISKEY, J.A. (eds.). **Forest biodiversity research, monitoring and modeling: Conceptual background and Old World case studies**. Paris, Parthenon Publishing, 1998.

DEUS, J. P. A.; NOGA, A.; BROZOSKI, F.; DIAS, A.M.P; BUSCHINI, M.L.T. Trap-nesting biology of an ectoparasitoid spider wasp, *Auplopus subaurarius* (Hymenoptera: Pompilidae): the importance of wooded environments for niche generalist species. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. e269165, 2023.

EBELING, A.; KLEIN, A. M.; WEISSER, W. W.; TSCHARNTKE, T. Multitrophic effects of experimental changes in plant diversity on cavity-nesting bees, wasps, and their parasitoids. **Oecologia**, v. 169, n 2 , p. 453–465, 2011.

ECKERTER, T.; BRAUNISCH, V.; PUFAL, G.; KLEIN, A.M. Small clear-cuts in managed forests support trap-nesting bees, wasps and their parasitoids. **Forest Ecology And Management**, v. 509, p. 120076, 2022.

EVANS, H.E. & M.J.W. EBERHARD. **The wasps**. Ann Arbor, The University of Michigan Press, 265p. 1970

FARFAN, S. J. A.; CELENTANO, D.; SILVA JUNIOR, C. H. L.; SILVEIRA, M. V. de F.; SERRA, R. T. A.; GUTIERREZ, J. A. M.; BARROS, H. C.; RIBEIRO, M. H. M.; BARTH, O. M.; ALVES, R. M. de O.. The effect of landscape composition on stingless bee (*Melipona fasciculata*) honey productivity in a wetland ecosystem of Eastern Amazon, Brazil. **Journal Of Apicultural Research**, p. 1-13, 2022.

FARIAS , J. N.; MALUF, R. P. Avaliação de diferentes tipos de ninhos armadilhasparacoleta de vespas e abelhas no campus da UESB de Vitória da Conquista - BA. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 2, p.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica**, v. 36, p. 395-400, 2006.

Fernández, F. On the diversity of Neotropical Hymenoptera - Sobre la diversidad de Hymenoptera neotropicales. **Caldasia**, v. 44, n. 3, p. 502–513, 2022.

FERREIRA, M. G. R. et al. Mapping and characterization of cupuaçu occurrence areas in communities of familiar farmers in the municipality of Anajatuba, Maranhão state, Brazil. **Journal of Geospatial Modelling**, São Luis, v. 2, n. 4, p.26-35, 2017.

FLORES, L.M.A.; ZANETTE, L.R.S.; ARAUJO, F.S. Effects of habitat simplification on assemblages of cavity nesting bees and wasps in a semiarid neotropical conservation area. **Biodivers Conserv**, v. 27, p. 311–328, 2018.

FLORES, L. M. A., ZANETTE, L. R. S., BOSCOLO, D., & ARAÚJO, F. S. Landscape Structure Effects on Bee and Wasp Assemblages in a Semiarid Buffer Zone. **Landscape Online**, v. 76, 2019.

FRANCO, J. L. A. O conceito de biodiversidade e a história da biologia da conservação: da preservação da wilderness à conservação da biodiversidade. **História (São Paulo)**, v. 32, n. 2, p. 21–48, 2013.

GÁMEZ-VIRUÉS, S.; PEROVIĆ, D. J.; GOSSNER, M. M.; BÖRSCHIG, C.; BLÜTHGEN, N.; DE JONG, H.; SIMONS, N. K.; KLEIN, A. M.; KRAUSS, J.; MAIER, G.; SCHERBER, C.; STECKEL, J.; ROTHENWÖHRER, C.; STEFFANDEWENTER, I.; WEINER, C. N.; WEISSER, W.; WERNER, M.; TSCHARNTKE, T.; WESTPHAL, C. Landscape simplification filters species traits and drives biotic homogenization. **Nature Communications**, v. 6: p. 8568, 2015.

GARCIA, M.V.B.; ADIS, J.U. Comportamento de nidificação de *Trypoxylon* (*Trypargilum*) *rogenhoferi* Kohl (Hymenoptera, Sphecidae) em uma floresta inundável de várzea na Amazônia Central. **Amazoniana: Limnologia et Oecologia Regionalis Systematis Fluminis Amazonas**, v. 13, n. 3/4, p. 259-282, 1995.

GAYUBO, S.F.; GONZÁLEZ, J. A.; ASÍS, J.D.; TORMOS, J. Conservation of European environments: The Spheciformes wasps as biodiversity indicators (Hymenoptera: Apoidea: Ampulicidae, Sphecidae and Crabronidae). **J. Natural Hist**, v. 39 (29), p. 2705-2714, 2005.

GOBATTO, A.L.; MIRANDA P.N.; UEMURA, N. Agricultural landscape influences on the solitary bees and wasps that nest in ecological restoration sites. **Biodivers Conserv**, v. 32, p.523–544, 2023.

GOMES, L. A. **Diversidade de insetos em duas áreas remanescentes de floresta amazônica em Manaus, Amazonas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade do Estado do Amazonas, Manaus. 96 f., 2021.

HELLMANN, J. J.; FOWLER, G. W. Bias, precision and accuracy of four measures of species richness. **Ecological Applications**, v. 9, p. 824-834, 1999.

HERMES, M. G.; LOPES, R. B. A new species of *Zethus* Fabricius (Hymenoptera, Vespidae, Zethinae) from Northeast Brazil, with notes on morphology and distributional records of *Z. alessandroi* Lopes, **Zootaxa**, v 4462 (2), p. 245-250, 2018

HERMES, M.G; SOMAVILLA, A. Vespidae in **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD, 2023. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/7345>>

HUBER, J.T. Chapter 12. Biodiversity of Hymenoptera. In: Footitt RG, Adler PH, editors. **Insect biodiversity: science and society**. Second Edition. Estados Unidos: John Wiley & Sons Ltd. p.419-461, 2017.

LIANTAS, J.; WOITOWICZ, F. C. G.; BUSCHINI, M. L. T. Habitat modification and alpha-beta diversity in trap nesting bees and wasps (Hymenoptera: aculeata) in southern Brazil. **Tropical Zoology**, v. 30, n. 2, p. 83-96, 2017.

IMESC, **Relatório Técnico de Diversidade Faunística da Amazônia Maranhense**: avaliação da composição, áreas prioritárias, ameaças e recomendações de ações para sua conservação - Etapa Bioma Amazônico - 5, São Luís, 59 p., 2019

KÖPPEN, W. P. **Grundriss der Klimakunde**: Outline of climate Science. Berlin: Walter de Gruyter, 388 p., 1931.

KROMBEIN, K. V. **Trap-nesting wasps and bees: life histories, nests, and associates**. Washington: Smithsonian Press, 570 p., 1967.

LAFONTAINE, L.C.; LAFONTAINE, T.C. Campos inundáveis do rio Pericumã no entorno da cidade de Pinheiro: uma beleza ameaçada pela dinâmica das comunidades rurais. **Anais da IV Jornada Internacional de Políticas Públicas**. 2009.

LASALLE, J.; GAULD, I.D. Hymenoptera: their diversity, and their impact on the diversity of other organism. **Hymenoptera and Biodiversity** (ed. By J. LaSalle and I.D. Gauld), p. 1-26. 1993.

LEWINSOHN, T. M.; INÁCIO-PRADO, P.; JORDANO, P.; BASCOMPTE, J.; M. OLESEN, J. Structure in plant-animal interaction assemblages. **Oikos**, v. 113(1), p. 174–184, 2006.

LI, X.; WIENS, J. J. Estimating global biodiversity: The role of cryptic insect species. **Systematic biology**, v. 72, n. 2, p. 391–403, 2023.

LIMA, G. P.; VALLADARES, G. S.; QUARTAROLI, C. F. **Caracterização química e granulométrica de solos da baixada maranhense**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. Conquistas e desafios da ciência do solo brasileira: anais. Porto Alegre: SBCS, 2007.

LIMA, R.G.; CAVALCANTE, P. R. S.; MELO, O. T.; MELLO, W.Z. Concentrações de amônio na água da chuva e estimativa de emissão de amônia de rebanhos domésticos de Pinheiro e Viana, Baixada Maranhense. **Quim. Nova**, v. 32, n.9, p. 2273 -2276, 2009.

LIMA, R.; GARCIA, C. T.; MOURE-OLIVEIRA, D.; SANTANA, T. dos S.; SANTOS, J. J.; OLIVEIRA, F. F.; GARÓFALO, C. A. Urban fragment of the Atlantic Rainforest as a refuge for cavity-nesting bees and wasps (Hymenoptera: aculeata). **Journal Of Natural History**, v. 54, n. 33-34, p. 2177-2195, 2020.

LONGINO, J. T.; CODDINGTON, J. A.; COLWELL, R. R. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness in three different ways. **Ecology**, v. 83, p. 689–702, 2002.

LOYOLA, R. D.; MARTINS, R. P. Trap-nest occupation by solitary wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) in a forest urban remanent. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 1, p. 41-48, 2006.

- 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.
- LOYOLA, R. D.; MARTINS, R. P.. Small-scale area effect on species richness and nesting occupancy of cavity-nesting bees and wasps. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, n. 1, p. 69-74, 2011.
- LUCIA, M, RAMELLO, PJ, GONZALEZ, VH. Brood development and nest parasitism of *Xylocopa (Neoxylocopa) augusti* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae), a promising crop pollinator in Argentina. **J Appl Entomol.** v. 144: p. 952–960, 2020.
- MAGURRAN, A. E. **Medindo a diversidade biológica**. Tradução: Vianna D.M. Curitiba: Ed. da UFPR. 261 p., 2011.
- MapBiomias. **Relatório Anual de Desmatamento 2022**. São Paulo, Brasil, 125 p., 2023.
- MARINHO, D.; VIVALLO, F. Unveiling the trap-nesting bees and wasps' fauna (Hymenoptera: Apocrita) and associated organisms of the Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 60, 2020.
- MARINHO, D.; VIVALLO, F. Notes on the bionomy of two spider wasp species in an urban forest fragment in Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 60, p. e20206055, 2020.
- MARTINS, C. F., FERREIRA, R. P., CARNEIRO, L. T. Influence of the orientation of nest entrance, shading, and substrate on sampling trap-nesting bees and wasps. **Neotropical entomology**, v. 41, n. 2, p. 105–111, 2012.
- MATOS, M. C. B.; SILVA, S. S.; TEODORO, A. V. Seasonal population abundance of the assembly of solitary wasps and bees (Hymenoptera) according to land-use in Maranhão state, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 60, n. 2, p. 171-176, 2016.
- MELO, G. A. R.; AGUIAR, A. P.; GARCETE-BARRETT, B. Hymenoptera Linnaeus, 1758. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Ed.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos Editora, p. 553-612. 2012.
- MESSIAS, C. G.; SILVA, D.; SILVA, M. B.; LIMA, T. C.; ALMEIDA, C. A. Análise das taxas de desmatamento e seus fatores associados na Amazônia legal brasileira nas últimas três décadas. **RAEGA**, v. 52, p. 18-41, 2021.
- MMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade – EPANB: 2016-2020**. Secretaria de Biodiversidade, Departamento de Conservação de Ecossistemas – Brasília, DF, 2017.
- 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, 2000.

- 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. 737–748, 2001.
- MORATO, E. F., AMARANTE, S. T., SILVEIRA, O. T. Avaliação ecológica rápida da fauna de vespas (Hymenoptera: Aculeata) do Parque Nacional da Serra do Divisor, Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p.789–798, 2008.
- MOURA, E. G. de. Agroambientes de transição avaliados numa perspectiva da agricultura familiar. In: MOURA, E. G. de (coord.). **Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semiárido do Brasil**. São Luís, MA: UEMA, p. 15-51, 2004.
- MUNIZ, D. B. **Abelhas e vespas que nidificam em ninhos-armadilha (Hymenoptera, Aculeata) na Ilha do Maranhão, Amazônia Oriental, Brasil**. 2010, 60f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Maranhão, Curso de Ciências Biológicas, 2010.
- MUNIZ, D. B. **Influência da densidade da cobertura vegetal sobre a comunidade de abelhas solitárias (Hymenoptera, Aculeata) que nidificam em cavidades pré-existentes em áreas de mata da baixada maranhense, Amazônia Oriental**. 2015. 110f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação/CCBS) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2015.
- NASCIMENTO, A. L. O.; GARÓFALO, C. A. Trap-nesting solitary wasps (Hymenoptera: aculeata) in an insular landscape. **Sociobiology**, v. 61, n. 2, p. 207-217, 2014.
- NETHER, M.C.; DUDEK, J.; BUSCHINI, M.L.T. Trophic interaction and diversity of cavity-nesting bees and wasps (Hymenoptera: Aculeata) in Atlantic forest fragments and in adjacent matrices. **Apidologie** v. 50, p. 104–115, 2019.
- O'NEILL, K. M. **Solitary Wasps: Behavior and Natural History**. Cornell University Press. Ithaca, Nova Iorque, 406 p., 2001.
- PÉREZ-MALUF, R. **Biologia de vespas e abelhas solitárias, em ninhos-armadilhas, em Viçosa, MG**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, p. 87, 1993.
- PETERS, R.S.; KROGMANN, L.; MAYER, C.; DONATH, A.; GUNKEL, S.; MEUSEMANN, K.; KOZLOV, A.; PODSIADLOWSKI, L.; PETERSEN, M. Evolutionary History of the Hymenoptera. **Current Biology**, v. 7, 1013-1018. 2017.
- PINHEIRO, C. U. B.; ARAUJO, N. A.; AROUCHE, G. C. **Plantas úteis do Maranhão: região da Baixada Maranhense**. São Luís: Gráfica e Editora Aquarela, 262 p., 2010.
- PINHEIRO, C. U. B.; ARAUJO, N. A.; AROUCHE, G. C. **Matas Ciliares: Recuperação e Conservação em áreas úmidas do Maranhão**. Editora Aquarela: São Luís, MA, 2013.
- PINHEIRO., C., U., B., SOUZA., M., O. Sustentabilidade do uso de espécies vegetais ciliares em construções rurais na região da Baixada Maranhense. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.15, n.03, 1289-1307, 2022.

PIANKA, E.R. **Evolutionary Ecology**. New York, Harper Collins, 5th ed., 486p., 1994.

PIRES, E. P.; POMPEU, D. C.; SOUZA-SILVA, M. Nidificação de vespas e abelhas solitárias (Hymenoptera: aculeata) na reserva biológica Boqueirão, Ingaí, Minas Gerais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 28, n. 2, p. 302–311, 2012.

RODRIGUES, E. N. L. **Composição e estrutura da fauna araneológica (Arachnida, Araneae) associada ao estrato arbóreo-arbustivo de matas ciliares e seus microambientes no Rio Grande do Sul, Brasil**. 2011. 254 f. Tese (Doutorado em Biologia Animal) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ROCHA-FILHO, L. C., RABELO, L. S.; AUGUSTO, S. C. & GARÓFALO, C. A. Cavity-nesting bees and wasps (Hymenoptera: Aculeata) in a semi-deciduous Atlantic forest fragment immersed in a matrix of agricultural land. **Journal of Insect Conservation**, v. 21, n. 4, p. 727-736, 2017.

ROCHA-FILHO, L.C., MOURE-OLIVEIRA, D., CARVALHO, S.M.; FRANTINE-SILVA, W.; AUGUSTO, S.C. Diversity and host–parasite interactions of cavity-nesting Hymenoptera communities in the Brazilian Savannah. **Journal Insect Conserv** v. 23, p. 651–665, 2019

ROCHA-FILHO, L. C.; MONTAGNANA, P. C.; BOSCOLO, D.; GARÓFALO, C. A. Green patches among a grey patchwork: the importance of preserving natural habitats to harbour cavity-nesting bees and wasps (Hymenoptera) and their natural enemies in urban areas. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 8, p. 2487-2514, 2020.

ROSA, B. B, MUNIZ, D. B. **Crabronidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD, 2023.

RUSSELL-SMITH, A., & STORK, N. E. Composition of Spider Communities in the Canopies of Rainforest Trees in Borneo. **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, n. 02, p. 223–235, 1995.

SALUSTIANO, V.; SILVA, D. F.; TAVARES, I. S; Curto, A.S; SILVA, J.A; NEVES, C. M. L. Amostragem de vespas solitárias em diferentes dispositivos artificiais em policultivos, Alagoas – AL. **Diversitas Journal**, 6(1), 411–420, 2021.

SANTOS, A. J. Estimativas de riqueza em espécies. In: RUDRAN, R., CULLEN, L; VALLADARES-PADUA, C. **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida terrestre**. Ed. Da Universidade Federal do Paraná, Curitiba. p. 19-41. 2003.

SANTOS, A. A. **Nidificação de abelhas e vespas solitárias e biologia reprodutiva de Megachile dentipes Vachal (Hymenoptera, Megachilidae) em ninhos-armadilha**. 2011. 95 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

SANTOS, H.A.; FREIRE-SILVA, J.; GOMES, V.P. Análise espaço temporal (2000–2014) da vegetação na microrregião Baixada Maranhense (Maranhão). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v.1, n.1, p.02-10, 2020.

SANTOS, E.F; WAICHERT, C. 2023. Pompilidae in **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/75446>>

- SÁNCHEZ-BAYO, F.; WYCKHUYS, K. A. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. **Biological Conservation**, v. 232, p. 8-27, 2019.
- STAAB, M., PUFAL, G., TSCHARNTKE, T., & KLEIN, A. M. Trap nests for bees and wasps to analyse trophic interactions in changing environments —A systematic overview and user guide. **Methods in Ecology and Evolution**, 9(11), 2226-2239, 2018.
- STRONG, D.R., LAWTON, J.H. & SOUTWOOD. **Insects on plants: community patterns and mechanisms**. Oxford, Blackwell Scientific Pub., p. 313, 1984.
- THOMAZINI, M. J.; THOMAZINI, A. P. B. W. **Levantamento de insetos e análise entomofaunística em floresta, capoeira e pastagem no sudeste acreano**. Rio Branco: Embrapa, p. 41, 2002.
- TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos**. São Paulo: Cengage Learning, 2 ed. 2015.
- TRAD, B. M., SILVESTRE, R. Vespas Spheciformes (Hymenoptera, Apoidea) do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Iheringia Série Zoologia**, v. 107, 2017.
- TSCHARNTKE, T.; GATHMANN, A.; STEFFAN-DEWENTER, I. Bioindication using trap-nests bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. **J. Appl. Ecol.**, v. 35: 708-719, 1998.
- VERÍSSIMO, A; PEREIRA, D. Produção na Amazônia Florestal: características, desafios e oportunidades. **Parcerias Estratégicas**. v. n. 19(38), p.13-44, 2014.
- WALTHER, B. A.; MARTIN, J. L. Species richness estimation of bird communities: how to control for sampling effort? **Ibis** v. 143, p. 413–419, 2001.
- ZANETTE, L.R.S.; SOARES, L.A.; PIMENTA, H.C.; GONÇALVES, A.M. & MARTINS, R.P. Nesting biology and sex ratios of *Auplopus militaris* (Lynch-Arribalzaga, 1873) (Hymenoptera Pompilidae). **Tropical Zoology**, v. 17, p. 145-54, 2004.
- ZANETTE, L. R. S., MARTINS, R. P., RIBEIRO, S.P. Effects of urbanization on Neotropical asp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. **Landsc. Urban Plan.** v. 71, p. 105–121, 2005.

APÊNDICES

Espécies	Ninhos		Indivíduos emergentes		Indivíduos emergidos por ninho		Diâmetro dos ninhos utilizados		Ninhos parasitados		Ninhos por área														
	n	%	N	%	Média	Amplitude	Diâmetro (n)	%	Espécies parasitas	n (%)	Vitória do Mearim	Penalva	Peri Mirim												
Crabronidae																									
<i>Trypoxylon personatum</i>	45	19,82	165	23,37	4,00	1 - 8	4 mm (19)	42,22	<i>Pleurochrysis postica</i>	1 (2,2)	24	11	10												
							6 mm (14)	31,11																	
							8 mm (7)	15,55																	
							10 mm (2)	04,44																	
							13 mm (2)	04,44																	
<i>Trypoxylon nitidum</i>	46	20,26	127	17,98	3,00	1 - 9	4 mm (25)	54,34	<i>Lepidophora</i> sp.	1 (2,1)	8	36	2												
							6 mm (17)	36,95																	
							8 mm (3)	06,52																	
							<i>Trypoxylon rogenhoferi</i>	60						26,43	151	21,38	3,00	1 - 9	4 mm (2)	03,33	<i>Neochrysis cf. bubba</i>	3 (5,0)	5	1	54
																			6 mm (20)	33,33					
8 mm (17)	28,33																								
<i>Trypoxylon lactitarse</i>	16	7,04	28	3,96	2,00	1 - 4	10 mm (8)	13,33	<i>Lepidophora</i> sp.	1 (1,6)	3	13	0												
							13 mm (7)	11,66																	
							15 mm (2)	03,33																	
							6 mm (9)	56,26																	
							8 mm (3)	18,75																	
<i>Trypoxylon fugax</i>	1	0,44	4	0,56	4,00	4	10 mm (3)	18,75	<i>Lepidophora</i> sp.	1 (6,2)	0	1	0												
							13 mm (1)	6,25																	
							<i>Trypoxylon xanthandrum</i>	1						0,44	3	0,42	3,00	3	6 mm (9)	56,26	<i>Eulophidae</i>	1 (6,2)	1	0	0
8 mm (3)	18,75																								
10 mm (3)	18,75																								
<i>Liris (Leptolarra) sp.</i>	1	0,44	3	0,42	3,00	3	4 mm (1)	100	-	-	1	0	0												

Espécies	Ninhos		Indivíduos emergentes		Indivíduos emergidos por ninho		Diâmetro dos ninhos utilizados		Ninhos parasitados		Ninhos por área		
	n	%	n	%	Média	Amplitude	Diâmetro (n)	%	Espécies parasitas	n (%)	Vitória do Mearim	Penalva	Peri Mirim
Pompilidae													
<i>Auplopus cf. rufipes</i>	20	8,81	136	19,26	6,00	1 - 16	8 mm (1) 10 mm (6) 13 mm (5) 15 mm (8)	05,00 30,00 25,00 40,00	<i>Lepidophora</i> sp. <i>Brachymeria</i> sp.	2 (10,0) 1 (5,0)	6	13	1
<i>Priochilus captivum</i>	14	6,16	27	3,82	2,00	1 - 5	8 mm (1) 10 mm (4) 13 mm (3) 15 mm (5)	07,14 28,57 21,42 35,71	<i>Brachymeria</i> sp.	1 (7,14)	10	3	1
<i>Priochilus aff. regius</i>	2	0,88	4	0,56	2,00	2	13 mm (1) 15 mm (1)	50,00 50,00	-	-	2	0	0
Vespidae													
<i>Monobia angulosa</i>	1	0,44	1	0,14	1,00	1	8 mm (1)	100	-	-	0	0	1
<i>Zethus (Zethus) giseleae</i>	9	3,96	18	2,54	2,00	1 - 3	6 mm (1) 8 mm (3) 10 mm (3) 13 mm (1)	11,11 33,33 33,33 11,11	-	-	0	9	0
<i>Pachodynerus grandis</i>	6	2,64	27	3,82	5,00	2 - 9	6 mm (1) 8 mm (1) 10 mm (1) 13 mm (2) 15 mm (1)	16,66 16,66 16,66 33,33 16,66	<i>Macrosiagon</i> sp.	1 (16,6)	6	0	0
<i>Pachodynerus nasidens</i>	1	0,44	4	-	4,00	4			-	-	0	1	0
<i>Pachodynerus guadulpensis</i>	1	0,44	3	0,42	3,00	3	6 mm (1)	100	-	-	1	0	0
Sphecidae													
<i>Isodontia costipennis</i>	3	1,32	5	0,70	2,00	1 - 2	6 mm (1) 8 mm (1) 10 mm (1)	33,33 33,33 33,33	-	-	2	1	0
Total	227	100%	706	100%						21 (9,2%)	69	89	69

APÊNDICE B — Tabela II: Principais estudos de composição e riqueza de espécies de vespas que nidificam em ninhos-armadilhas em diferentes regiões do Brasil.

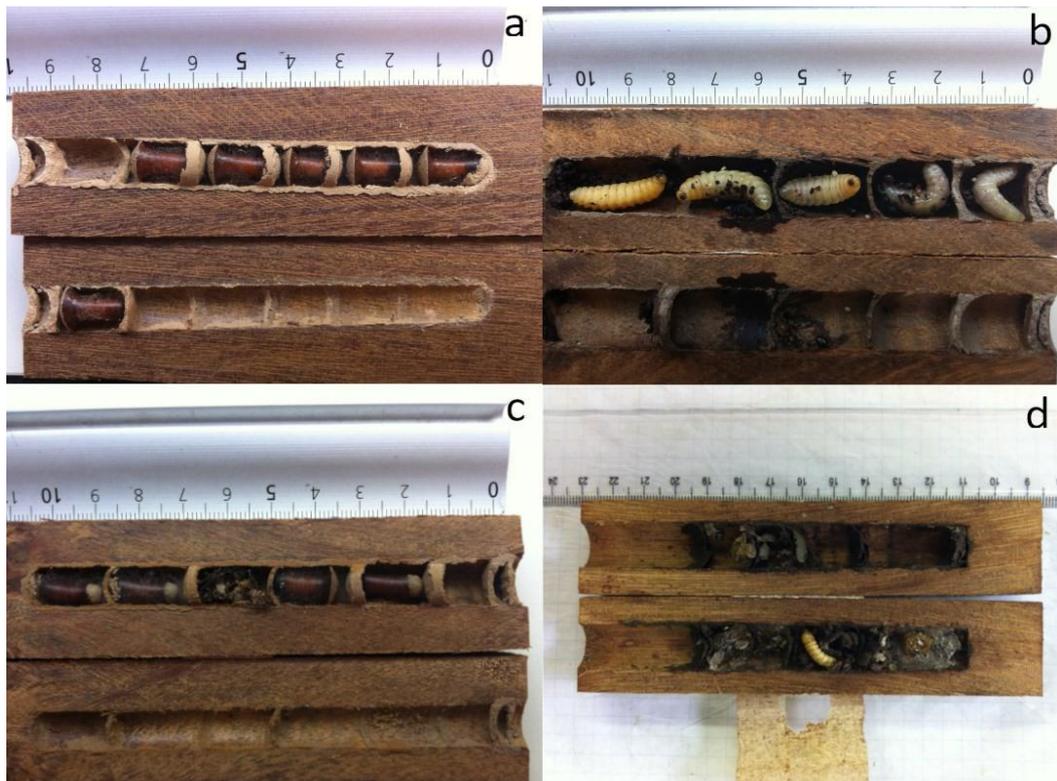
Vegetação e Localidade	Espécies de vespas	Número de ninhos disponibilizados	Tempo de amostragem	Referência Bibliográfica
Remanescente de Floresta Urbana (UFMG, Belo horizonte, MG)	4 spp.	1350 ninhos	10 meses	Loyola & Martins (2011)
Fragmento de Floresta Ombrófila Densa (Rio de Janeiro, RJ)	5 spp.	1038 ninhos	22 meses	Marinho & Vivallo (2020)
Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Palotina, PR)	5 spp.	1500 ninhos	12 meses	Oliveira & Gonçalves (2017)
Cerrado <i>strictu sensu</i> (Ingaí, MG)	6 spp.	135 ninhos	21 meses	Pires <i>et al.</i> (2012)
Fragmento de Mata Atlântica na zona urbana (Salvador, BA)	7 spp.	1092 ninhos	17 meses	Cruz (2016)
Fragmento urbano de Mata Atlântica (Salvador, BA)	7 spp.	1272 ninhos	24 meses	Lima <i>et al.</i> (2020)
Fragmento de Mata Atlântica (Antonina, PR)	10 spp.	600 ninhos	20 meses	Costa & Gonçalves (2023)
Amazônia Oriental (São José de Ribamar, MA)	11 spp.	400 ninhos	24 meses	Muniz & Azevedo (2010)
Floresta ombrófila densa de terras baixas (Igarassu e Pombos, PE)	12 spp.	960 ninhos	12 meses	Santos (2011)
Fragmentos de Mata Ciliar (Reservatório de Volta Grande, MG e SP)	12 spp.	5400 ninhos	12 meses	Araújo <i>et al.</i> (2017)
Mata ciliar e áreas cultivadas (Ituiutaba, MG)	12 spp.	740 ninhos	24 meses	Assis & Camillo (1997)
Floresta Ombrófila Mista (União da Vitória, PR e Porto União, SC)	12 spp.	1152 ninhos	12 meses	Iantas <i>et al.</i> (2017)
Restinga (Ilha de Anchieta, Ubatuba, SP)	14 spp.	600 ninhos	24 meses	Nascimento & Garófalo (2014)
Floresta Amazônica Oriental (Miranda do Norte, MA);	14 spp.	960 ninhos	12 meses	Matos <i>et al.</i> (2016)
Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (Gália e Alvinlândia, SP)	18 spp.	1155 ninhos	24 meses	Rocha-Filho <i>et al.</i> (2017)
Fragmentos de Florestas Semidecidual sazonal e Urbanos (Ribeirão Preto, SP)	20 spp.	234 ninhos	12 meses	Rocha-Filho <i>et al.</i> (2020)
Floresta de Araucárias, pântanos e campos (Guarapuava, PR)	21 spp.	576 ninhos	36 meses	Buschini & Woiski (2008)
Amazônia Central (Manaus, AM)	24 spp.	1683 ninhos	25 meses	Morato & Campos (2000)
Floresta Amazônica Oriental (APA da Baixada Maranhense, MA)	16 spp.	648 ninhos	12 meses	Cândido <i>et al.</i> (pres. est)

APÊNDICE C — Arquitetura do ninho de *Auplopus cf. rufipes*.



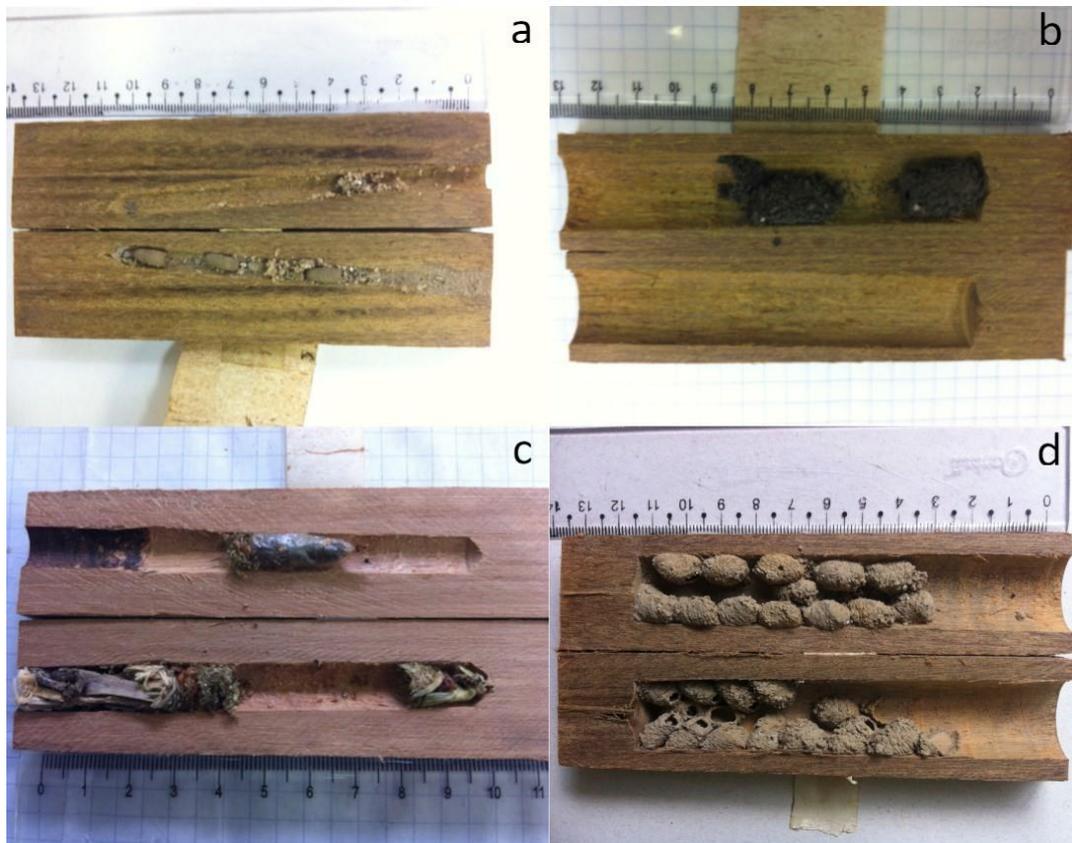
Fonte: David Barros Muniz

APÊNDICE D — Arquitetura dos ninhos das vespas nidificantes: a. *Trypoxylon* sp.; b. *M. angulosa*; c. *Trypoxylon* sp.; d. *Z. giseleae*.



Fonte: David Barros Muniz

APÊNDICE E — Arquitetura dos ninhos das vespas nidificantes: a. *L. (Leptolarra)* sp.; b. *Priochilus captivum*; c. *I. costipennis*; d. *A. cf. rufipes*.



Fonte: David Barros Muniz

APÊNDICE F — Configuração da paisagem da localidade de Peri Mirim no período chuvoso e no período seco.



Fonte: David Barros Muniz

APÊNDICE G — A e B: Paisagem da localidade de Penalva; C e D: Paisagem de Vitória do Mearim.



Fonte: David Barros Muniz