

CAMILA CRISTINA FERREIRA DA COSTA

**ASSEMBLEIA DE VESPAS (HYMENOPTERA) QUE NIDIFICAM EM
NINHOS-ARMADILHA NA RESERVA NATURAL DO SALTO MORATO (PR)**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CURITIBA, 2015

CAMILA CRISTINA FERREIRA DA COSTA

**Assembleia de vespas (Hymenoptera) que nidificam em ninhos-armadilha
na Reserva Natural do Salto Morato (PR)**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Área de Concentração em Entomologia, do Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientadora:

Prof. Dra. Maria Luisa Tunes Buschini

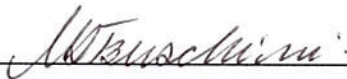
Curitiba

2015

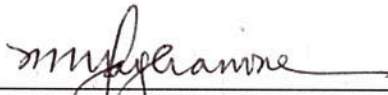
CAMILA CRISTINA FERREIRA DA COSTA

“ASSEMBLÉIA DE VESPAS (HYMENOPTERA) QUE NIDIFICAM EM NINHOS-
ARMADILHA NA RESERVA NATURAL DO SALTO MORATO (PR)”

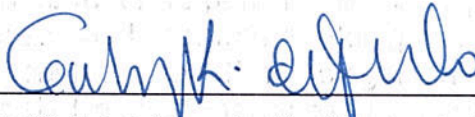
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de “Mestre
em Ciências Biológicas”, no Programa de Pós-graduação em Ciências
Biológicas, Área de Concentração em Entomologia, da Universidade Federal
do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:



Profa. Dra. Maria Luisa Tunes Buschini (Orientadora)
(Unicentro/PR)



Profa. Dra. Maria Cristina Gaglianone
(UENF/RJ)



Prof. Dr. Gabriel Augusto Rodrigues de Melo
(UFPR)

Curitiba, 27 de fevereiro de 2015.

Aos meus pais, Tereza e Lourival e a todos não biólogos que ouviram “com entusiasmo” a história da vespa *Auplopus* sp.

AGRADECIMENTOS

Eu devo ter muita gente para agradecer e sei que me esquecerei de uma boa porção. Por favor, se você ler isto aqui e seu nomezinho não estiver ai, não se sinta triste, eu juro que eu agradei mentalmente algum dia.

Primeiramente ao CNPq pela concessão da bolsa (sem ela não seria possível).

À minha orientadora, pela oportunidade, puxões de orelha, pelo auxílio pessoal e virtual, por acreditar em mim e no meu trabalho mesmo à distância e pelo cuidado comigo quando estava em Guarapuava.

Ao programa de Entomologia e a todos os seus funcionários e professores. Principalmente ao professor Gabriel, que me ajudou em muitos momentos que se tornavam difíceis tendo uma orientadora de fora da UFPR.

A todos os especialistas que me auxiliaram no processo de identificação taxonômica. Famílias Crabronidae, Sphecidae e Perilampidae: Dr Bolívar Rafael Garcete Barrett da Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción; Família Pompilidae: Dr Eduardo Santos da Universidade Estadual Paulista; Família Ichneumonidae: Professora Dra Angelica Maria Penteado Martins Dias da Universidade Federal de São Carlos; Família Eulophidae: Professor Dr Jorge González da California State University; Família Phoridae: Me Thalles Platiny Lavinsky Pereira da Universidade de São Paulo e família Sciaridae: Professor Dr Dalton de Souza Amorin da Universidade de São Paulo.

A todos funcionários e voluntários da Reserva Natural Salto Morato, em especial ao Seu Pedro por ajudar na escolha das áreas, pois conhecia a reserva como a palma da sua mão, ao Seu Silfredo por abrir uma trilha na pixirica e suas caronas (eu tinha medo) e ao Eros por sempre fazer de tudo para ajudar os pesquisadores.

Em especial (especial mesmo) vou agradecer minha família. Por estarem todos os dias me apoiando e acreditando em mim. Pelo auxílio financeiro (às vezes) e por acharem que eu sou a pesquisadora mais importante do mundo.

A todos os amigos da Pós-graduação, principalmente ao Daniel, Rô e Maíra depre que fizeram meus dias longe de casa se tornar muito mais felizes. E “zamigas véias” Ni-chan e Ma-chan pelos momentos de conforto, distração e diversão, porque somos de carne e osso e às vezes a folga é essencial.

Ao pessoal da SALA 6, é nós!!! Acredito ter ganhado muito conhecimento com vocês, tais como: RPG, revistas em quadrinho (Homem-Aranha e Deadpool), jogos, jogos de tabuleiro, jogos de cartas, jogos mais uma vez.....HAHAHA. E claro conhecimento científico também, como programa R, estatística, redes de interações, identificação de besouros e muito mais.

Ao Kung-Fu: colegas, amigos, Professor Rodrigo e Professora Jamila. Pois, família forte é família unida.

À Agnes e ao Aurélio, meus lindos esquinhos da Mongólia, por serem essas lindas bolinhas de pelos. Mas por favor, não fiquem fugindo e bagunçando na hora que eu estou escrevendo.

À(s) força(s) divina(s) que de alguma maneira me auxiliaram e protegeram.

Ao Laércio Neto, colega de sala 6, amigo da pós-graduação, escravo do campo e agora oficializado meu escravo do lar (namorado). Obrigado por me ajudar em tudo na minha vida e principalmente nesta dissertação, sem você nem a mala de ninhos conseguiria carregar, assim como finalizar a discussão.

A todos MUITO OBRIGADO!

“...porque nem toda feiticeira é corcunda, nem toda brasileira é bunda, meu peito não é de silicone, sou mais macho que muito homem...”

Rita Lee e Zélia Duncan

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS DO CAPÍTULO I	IX
LISTA DE TABELAS DO CAPÍTULO I	X
LISTA DE APÊNDICES DO CAPÍTULO I	XI
LISTA DE FIGURAS DO CAPÍTULO II	XII
LISTA DE TABELAS DO CAPÍTULO II	XIII
LISTA DE FIGURAS DO CAPÍTULO III	XIV
LISTA DE TABELAS DO CAPÍTULO III	XV
LISTA DE FIGURAS DO CAPÍTULO IV	XVI
LISTA DE TABELAS DO CAPÍTULO IV	XVII
RESUMO	1
ABSTRACT	2
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	3
REFERÊNCIAS	4
CAPÍTULO I - ASSEMBLEIA DE VESPAS (HYMENOPTERA) QUE NIDIFICAM EM NINHOS-ARMADILHA EM UMA ÁREA DE MATA ATLÂNTICA BRASILEIRA E INIMIGOS NATURAIS ASSOCIADOS	6
RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAIS E MÉTODOS	10
2.1 ÁREA DE ESTUDO	10
2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL	11
2.3 DESCRIÇÃO DE DADOS COLETADOS	13
2.4 ANÁLISE DE DADOS	14
2.4.1 Abundância	14
2.4.2 Frequência de ocorrência e dominância das espécies	14
2.4.3 Diversidade α	15
2.4.4 Diversidade β	15
2.4.5 Efeito das variáveis abióticas na abundância de vespas e inimigos naturais	15
3. RESULTADOS	16
3.3 ABUNDÂNCIA E DOMINÂNCIA DE ESPÉCIES	16
3.2 DIVERSIDADE DE ESPÉCIES E SIMILARIDADE DOS ESTÁGIOS SUCESSIONAIS	16
3.3 EFEITO DAS VARIÁVEIS ABIÓTICAS NA ABUNDÂNCIA DE VESPAS E INIMIGOS NATURAIS	17
4. DISCUSSÃO	17
REFERÊNCIAS	20
TABELAS	26
FIGURAS	28
APÊNDICE	34
CAPÍTULO II - BIOLOGIA DE <i>Liris</i> sp. (HYMENOPTERA: CRABRONIDAE) EM NINHOS-ARMADILHA EM ÁREA DE MATA ATLÂNTICA NO SUL DO BRASIL	38
RESUMO	39
ABSTRACT	40
1. INTRODUÇÃO	41
2. MATERIAIS E MÉTODOS	42
2.1 ÁREA DE ESTUDO	42
2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL	42
2.3 DESCRIÇÃO E MEDIDAS DAS ESTRUTURAS DOS NINHOS, CASULOS E ADULTOS	42

2.4 ANÁLISE DE DADOS	43
3. RESULTADOS	43
3.1 SAZONALIDADE E HABITATS DE NIDIFICAÇÃO	43
3.2 ARQUITETURA DOS NINHOS	44
3.3 TEMPO DE DESENVOLVIMENTO E RAZÃO SEXUAL	44
3.4 ESTRUTURA DO CASULO	45
3.5 MORTALIDADE E INIMIGOS NATURAIS	45
4. DISCUSSÃO	45
REFERÊNCIAS	46
TABELAS	51
FIGURAS	52
CAPÍTULO III - BIOLOGIA DE NIDIFICAÇÃO de <i>Auplopus tarsatus</i> SMITH (HYMENOPTERA: POMPILIDAE) EM UMA ÁREA DE MATA ATLÂNTICA DO LITORAL PARANAENSE	54
RESUMO	55
ABSTRACT	56
1. INTRODUÇÃO	57
2. MATERIAIS E MÉTODOS	58
2.1 ÁREA DE ESTUDO	58
2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL	58
2.3 DESCRIÇÃO E MEDIDAS DAS ESTRUTURAS DOS NINHOS E ADULTOS	59
2.4 ANÁLISE DE DADOS	59
3. RESULTADOS	59
3.1 SAZONALIDADE E HABITATS DE NIDIFICAÇÃO	59
3.2 ARQUITETURA DOS NINHOS	60
3.3 TEMPO DE DESENVOLVIMENTO, RAZÃO SEXUAL E TAMANHO DOS ADULTOS	60
3.5 MORTALIDADE E INIMIGOS NATURAIS	61
4. DISCUSSÃO	61
REFERÊNCIAS	64
TABELAS	68
FIGURAS	69
CAPÍTULO IV – BIOLOGIA DE NIDIFICAÇÃO DE <i>Podium</i> sp (HYMENOPTERA: SPHECIDAE) EM NINHOS-ARMADILHA	70
RESUMO	71
ABSTRACT	72
1. INTRODUÇÃO	73
2. MATERIAIS E MÉTODOS	73
2.1 ÁREA DE ESTUDO	73
2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL	73
2.3 DESCRIÇÃO E MEDIDAS DAS ESTRUTURAS DOS NINHOS, CASULOS E ADULTOS	74
2.4 ANÁLISE DE DADOS	74
3. RESULTADOS	74
3.1 SAZONALIDADE E HABITATS DE NIDIFICAÇÃO	74
3.2 ARQUITETURA DOS NINHOS	75
3.3 ESTRUTURA DO CASULO	75
3.4 HISTÓRIA DE VIDA E TAMANHO DOS ADULTOS	76
3.5 MORTALIDADE, INIMIGOS NATURAIS E OUTRAS INTERAÇÕES	76
4. DISCUSSÃO	77
REFERÊNCIAS	80
TABELAS	82
FIGURAS	84
CONSIDERAÇÕES FINAIS	86

LISTA DE FIGURAS DO CAPÍTULO I

- FIGURA 1 – Indicação das áreas amostrais nos diferentes estágios sucessionais na Reserva Natural Salto Morato, município de Guaraqueçaba, PR. Escala de 617 metros. (Fonte: Google Earth).....26
- FIGURA 2 – Áreas em diferentes estágios sucessionais na Reserva Natural Salto Morato onde foram instalados ninhos-armadilha. (A) e (B) Área de sucessão inicial (20 anos). (C) e (D) Área de sucessão Intermediária (40 anos). (E) e (F) Área de mata primária (mata primária pouco alterada).....26
- FIGURA 3 – Ninhos-armadilha. (A) Ninho-armadilha com suas duas metades separadas. (B) Bloco com 16 ninhos-armadilha com os diâmetros 0,5; 0,7; 1,0 e 1,3 cm dispostos aleatoriamente. (C) Bloco de ninhos-armadilha fixado a 1,5m do chão.....27
- FIGURA 4 – Dendrograma de similaridade de Jaccard agrupado pelo método UPGMA dos diferentes estágios sucessionais para assembleia de vespas; ($r=1,0000$). Sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).....27
- FIGURA 5 – Dendrograma de similaridade de Jaccard agrupado pelo método UPGMA dos diferentes estágios sucessionais para assembleia de inimigos naturais; ($r=1,0000$). Sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).....28
- FIGURA 6 – Dendrograma de dissimilaridade de Bray-Curtis agrupado pelo método UPGMA dos diferentes estágios sucessionais para assembleia de vespas; ($r=0,9233$). Sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).....28
- FIGURA 7 – Dendrograma de dissimilaridade de Bray-Curtis agrupado pelo método UPGMA dos diferentes estágios sucessionais para assembleia de inimigos naturais; ($r=0,8333$). Sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).....28
- FIGURA 8 – Bloco de ninhos-armadilha da área de estágio sucessional intermediário – 2, no dia 24 de março de 2014. (A) bloco de ninhos localizado em uma estação com clareira. (B) bloco ninhos localizado em uma estação sem clareira.....28

LISTA DE TABELAS DO CAPÍTULO I

TABELA 1 – Frequência de ocorrência (FO), dominância (D) de espécies e classificação (OC) como: Rara (R), Intermediária (I) e Comum (C) das vespas nas áreas de sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).23

TABELA 2 – Frequência de ocorrência (FO), dominância (D) de espécies e classificação (OC) como: Rara (R), Intermediária (I) e Comum (C) dos inimigos naturais nas áreas de sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).....24

TABELA 3 – Valores dos Índices de Margalef (Dmg), Simpson (1/D) e Pielou (J') calculados para vespas, nos três diferentes estágios sucessionais. Sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).....25

TABELA 4 – Valores dos Índices de Margalef (Dmg), Simpson (1/D) e Pielou (J') calculados para inimigos naturais, nos três diferentes estágios sucessionais. Sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).....25

LISTA DE APÊNDICES DO CAPÍTULO I

APÊNDICE A – Espécies de parasitoides associados com seus respectivos hospedeiros.....	29
APÊNDICE B – Fórmulas utilizadas para análise de diversidade α e β	29
APÊNDICE C - Abundância de ninhos, número de espécies de vespas e desvio padrão nos três diferentes habitats com suas duas réplicas. Área inicial (Inicial), área intermediária (Intermediária) e mata primária (Primária).....	30
APÊNDICE D - Abundância de ninhos, número de espécies de inimigos naturais e desvio padrão nos três diferentes habitats com suas duas réplicas. Área inicial (Inicial), área intermediária (Intermediária) e mata primária (Primária).....	30
APÊNDICE E – Médias dos valores de luminosidade, temperatura média e umidade relativa média nos três diferentes estágios sucessionais. Medida de Iluminação em Lux; medida de temperatura em Célsius; medida de umidade em porcentagem. Sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).....	30
APÊNDICE F – Resultados do modelo linear univariado testando os efeitos das variáveis abióticas (luminosidade, temperatura e umidade) nos valores de abundância de ninhos e células parasitadas. GL (graus de liberdade); SQ (soma dos quadrados) e MQ (média dos quadrados).....	31

LISTA DE FIGURAS DO CAPÍTULO II

FIGURA 1 – Número de ninhos de *Liris* sp construídos nos diferentes habitats da Reserva Natural Salto Morato: Inicial (área de sucessão inicial); Intermediária (área de sucessão intermediária); Primária (mata primária).....47

FIGURA 2 – Número mensal de ninhos de *Liris* sp fundados na Reserva Natural Salto Morato. Temperatura média mensal em graus Celsius (°C).....47

FIGURA 3 – Ninho unicelular de *Liris* sp. fundado em ninho-armadilha de 0,7 cm de diâmetro: 1) Casulo; 2) Célula de cria e 3) Fechamento do ninho. Escala de 1 cm.....48

FIGURA 4 – Fêmea adulta de *Liris* sp. em vista lateral. Escala de 2 mm.....48

FIGURA 5 – Casulo de fêmea de *Liris* sp. de ninho-armadilha de 0,7 cm de diâmetro. Escala 1 mm.....48

LISTA DE TABELAS DO CAPÍTULO II

TABELA 1 – Estrutura dos ninhos, casulos e adultos de *Liris* sp. em ninhos-armadilha dos diâmetros de 0,5; 0,7 e 1,0. Tamanhos em cm (centímetros); cm³ (centímetros cúbicos); n (número total). \bar{x} = média; \pm desvio padrão; (número ninhos/células mensurados).....46

LISTA DE FIGURAS DO CAPÍTULO III

FIGURA 1 – Variação sazonal no número de ninhos de *Auplopus tarsatus* obtidos nos meses de agosto/2013 a abril/2014 e temperatura mensal em graus Celsius (°C).....66

FIGURA 2 – Ninhos de *Auplopus tarsatus* construídos em armadilhas de diferentes diâmetros. (A) ninho-armadilha com 1,3 cm de diâmetro; (B) ninho-armadilha com 1,0 cm de diâmetro. Escala de 1 cm.....66

LISTA DE TABELAS DO CAPÍTULO III

TABELA 1 – Arquitetura dos ninhos e adultos de *Auplopus tarsatus* em ninhos-armadilha com diferentes diâmetros. Os valores indicam: média \pm desvio padrão (número ninhos/células).....64

LISTA DE FIGURAS DO CAPÍTULO IV

FIGURA 1 – Número de ninhos de *Podium* sp fundados nos diferentes estágios florestais na Reserva Natural Salto Morato. Inicial (área de sucessão inicial); Intermediária (área de sucessão intermediária); Primária (mata primária).....83

FIGURA 2 – Número mensal de ninhos de *Podium* sp fundados na Reserva Natural Salto Morato e temperatura média mensal em graus Celsius (°C).....83

FIGURA 3 – *Podium* sp. (A) Ninho com imaturos, escala de 10mm; (B) Fêmea adulta, escala de 1mm; (C) Macho adulto, escala de 1mm; (D) Casulo, escala de 1mm.....84

LISTA DE TABELAS DO CAPÍTULO IV

TABELA 1 – Volume das células de machos e fêmeas, comprimento do casulo e tamanho dos adultos em ninhos-armadilha de diferentes diâmetros. \bar{x} = média \pm desvio padrão (número de células, casulo e adultos).....81

TABELA 2 – Valores médios para estruturas dos ninhos de *Podium* sp. \bar{x} = média \pm desvio padrão (número de células, casulo e adultos).....82

TABELA 3 – Número de células parasitadas por cada espécie de inimigo natural nos quatro diâmetros de ninhos-armadilha81

RESUMO: A Mata Atlântica é reconhecida pelo sua imensa diversidade biológica, assim como pelo alto grau de endemismo. Atualmente restam poucos remanescentes florestais deste bioma, sendo muitos compostos por áreas de sucessão secundária. Ao longo do avanço sucessional ocorrem modificações na estrutura vegetacional, as quais interferem diretamente na fauna ali estabelecida. Dentre os animais utilizados como ferramenta de estudos de conservação, se destacam as vespas solitárias e seus inimigos naturais. O estudo foi realizado em uma área de Mata Atlântica, que possui um mosaico de paisagens, com diferentes idades de regeneração natural. As vespas e seus inimigos naturais foram coletados com ninhos-armadilha de madeira. Este trabalho foi dividido em quatro capítulos: Capítulo I – Analisou a estrutura da assembleia de vespas e inimigos naturais ao longo do processo sucessional. Foi constatado que as assembleias não variaram muito em relação ao tempo de conservação da área. Porém, microambientes tiveram uma grande influência na abundância e composição das vespas. O capítulo II – Avaliou a biologia de nidificação de *Liris* sp., espécie raramente coletada com ninhos-armadilha. Seus ninhos são geralmente unicelulares, feitos com variados materiais vegetais e seus casulos muito resistentes, o que pode impedir a entrada de parasitoides. Capítulo III – Descreveu a biologia de *Auplopus tarsatus* Smith. Foram encontradas diferenças na arquitetura do ninho dentro desta espécie, na coloração (em ninhos em localidades diferentes) e no formato das células (em ninhos com diâmetro diferente). Por fim, o capítulo IV, o qual analisa a biologia de nidificação de *Podium* sp., espécie com grande dimorfismo sexual, com fêmeas grandes, apenas produzidas em ninhos com diâmetro maior. A razão sexual desta espécie foi viesada a favor dos machos, resultado provocado pelos diâmetros de ninhos-armadilha oferecidos que foram oferecidos.

Palavras-chave: Mata Atlântica, sucessão ecológica, diversidade, biologia de nidificação.

ABSTRACT: The Atlantic Forest is recognized for its immense biological diversity, but also the high degree of endemism. Currently, there are few fragments forests of this biome, being composed of many areas of secondary succession. Along the successional changes in vegetation occur advancement structure, which directly interfere in established there animals. Among the animals used as conservation research tool, it highlights the solitary wasps and their natural enemies. The study was conducted in an Atlantic Forest area, which features a mosaic of landscapes, with different ages of natural regeneration. Wasps and their natural enemies were collected with wooden trap-nests. This work was divided into four chapters: Chapter I - analyzed the structure of the assembly of solitary wasps and their natural enemies along the successional process. It was noted that the assemblies did not vary much with respect to the area shelf life. But microenvironments had a great influence on the abundance and composition of wasps. Chapter II -. Has the nesting biology *Liris* sp, species rarely collected in trap-nests. Their nests are generally unicellular, made with various plant materials and their cocoons are many strong, which can prevent the entry parasitoids. Chapter III - described the *Auplopus tarsatus* Smith biology. Differences were found in the nest architecture in this species, the color (in nests in different locations) and cell format (in nests with different diameter). Finally, Chapter IV, which analyzes the nesting biology *Podium* sp., species with great sexual dimorphism, with large females only produced in nests with larger diameter. The sex ratio of this species was biased in favor of males, a result caused by the diameters of trap-nests offered that were offered.

Keywords: Atlantic Forest, ecological succession, diversity, nesting biology.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As vespas aculeadas pertencem à ordem Hymenoptera, que está entre as quatro ordens megadiversas. Cerca de 26 mil espécies são descritas para o mundo e destas 90% são solitárias (O'Neill 2001). Em relação à funcionalidade no ecossistema, seus imaturos são predadores e parasitoides de diversos artrópodes, atuando no controle biológico, já os adultos se alimentam de néctar, sendo importantes agentes polinizadores (Krombein 1967; O'Neill 2001).

Vários locais para nidificação podem ser usados pelas vespas, como construções humanas, rochas, solo e madeira (Camillo et al. 1995; O'Neill 2001). As espécies que utilizam cavidades preexistentes na madeira podem ser coletadas utilizando-se ninhos-armadilha (Krombein 1967). Os modelos mais utilizados no Brasil são com gomos de bambu, tubos de cartolinas inseridas em uma placa de madeira (Camillo et al. 1995) e blocos de madeira perfurados e serrados longitudinalmente (Buschini et al. 2007).

A utilização de ninhos-armadilha constitui um método simples e eficiente para amostrar as espécies que vivem em determinada área, evitando aquelas que estejam apenas transitando pelo local (Camillo et al. 1995; Tschardt et al. 1998). Esta metodologia evita diferenças no esforço amostral, desde que seja utilizada na mesma quantidade e tempo (Tschardt et al. 1998).

A amostragem com ninhos-armadilha permite a obtenção de informações sobre a diversidade e abundância da assembleia de abelhas e vespas (Assis e Camillo 1997; Nascimento e Garófalo 2014). Por este motivo é muito utilizada em estudos de conservação ambiental, através da análise de áreas em diferentes estágios de degradação (Tschardt et al. 1998; Tylianakis et al. 2007; Buschini e Woiski 2008). Esta metodologia também permite a coleta de dados de biologia de nidificação de cada espécie, tais como materiais utilizados, arquitetura dos ninhos, espécies utilizadas para provisionamento das células de cria, inimigos naturais e ciclo de vida (Soares e Zanette 2001; Buschini 2007).

Devido à facilidade e eficácia deste método ele foi utilizado para obtenção de dados sobre abundância, riqueza, diversidade e biologia da

assembleia de vespas que nidificam em cavidades preexistentes ao longo de um gradiente de áreas em diferentes estágios de sucessão ecológica na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba (PR).

Este trabalho é dividido em quatro capítulos:

Capítulo I: Assembleia de vespas (Hymenoptera) que nidificam em ninhos-armadilha em uma área de Mata Atlântica brasileira e inimigos naturais associados.

Capítulo II: Biologia de *Liris* sp. (Hymenoptera: Crabronidae) em ninhos-armadilha em área de Mata Atlântica no sul do Brasil.

Capítulo III: Biologia de nidificação de *Auplopus tarsatus* Smith, 1873 (Hymenoptera: Pompilidae) em área de Mata Atlântica no litoral paranaense.

Capítulo IV: Biologia de nidificação de *Podium* sp (Hymenoptera: Sphecidae) em ninhos-armadilha.

REFERÊNCIAS

- Assis FM, Camillo E (1997) Diversidade , Sazonalidade e Aspectos Biológicos de Vespas Solitárias (Hymenoptera : Sphecidae : Vespidae) em Ninhos Armadilhas na Região de Ituiutaba , MG. Rev Bras Zool 26:335–347.
- Buschini MLT (2007) Life-history and sex allocation in *Trypoxylon* (syn. *Trypargilum*) *lactitarse* (Hymenoptera; Crabronidae). J Zool Syst Evol Res 45:206–213. doi: 10.1111/j.1439-0469.2006.00405.x
- Buschini MLT, Luz V, Basilio S (2007) Comparative aspects of the biology of five *Auplopus* species (Hymenoptera; Pompilidae; Pepsinae) from Brazil. J Zool Syst Evol Res 45:329–335. doi: 10.1111/j.1439-0469.2007.00407.x
- Buschini MLT, Woiski TD (2008) Alpha-beta diversity in trap-nesting wasps (Hymenoptera: Aculeata) in Southern Brazil. Acta Zool 89:351–358. doi: 10.1111/j.1463-6395.2008.00325.x
- Camillo E, Garófalo CA, Serrano J C, G M (1995) Diversidade e abundância sazonal de abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata). Rev Bras Entomol 39:459–470.
- Krombein K (1967) Trap-nesting wasps and bees. Life-histories, nests and associates. Smithsonian Press, Washington DC. 570p.

- Nascimento ALO, Garófalo CA (2014) Trap-nesting solitary wasps (Hymenoptera: Aculeata) in an insular landscape: Mortality rates for immature wasps, parasitism, and sex ratios. *Sociobiology* 61:207–217.
- O'Neill K (2001) *Solitary Wasps: Behavior and Natural History*. Cornell University Press, Ithaca, NY. 406p.
- Soares LA, Zanette LRS (2001) Nesting biology of *Isodontia costipennis* (Spinola) (Hymenoptera: Sphecidae). *250:245–250*.
- Tscharntke T, Gathmann A, Steffan-Dewenter I (1998) Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *J Appl Ecol* 35:708–719.
- Tylianakis JM, Tscharntke T, Lewis OT (2007) Habitat modification alters the structure of tropical host – parasitoid food webs. *Nature* 445:204–205.

CAPÍTULO I

**ASSEMBLEIA DE VESPAS (HYMENOPTERA) QUE NIDIFICAM EM
NINHOS-ARMADILHA EM UMA ÁREA DE MATA ATLÂNTICA E
INIMIGOS NATURAIS ASSOCIADOS.**

RESUMO: Por ser considerado um país megadiverso, novas políticas ambientais estão sendo empregadas no Brasil, havendo na última década um aumento crescente de áreas naturais protegidas por lei. Cresce também o interesse por estudos que avaliem a reestruturação da comunidade ao longo do processo sucessional utilizando análises ecológicas da estrutura de assembleias. Como vespas solitárias e seus inimigos naturais são sensíveis às mudanças no ambiente, estes insetos são importantes ferramentas para estudos de conservação dos ecossistemas. Deste modo, este estudo busca compreender as variações na estrutura da assembleia de vespas solitárias e seus inimigos naturais ao longo de um gradiente de sucessão ecológica e os efeitos das variáveis abióticas nestes grupos. A coleta das vespas e de seus inimigos naturais foi realizada através do uso de ninhos-armadilha, em três áreas com estágios sucessionais distintos (sucessão inicial; sucessão intermediária e mata primária). Foi analisada a estrutura da assembleia destes insetos através de índices de diversidade α e β e a mudança e efeito das variáveis abióticas através de análise de variância e modelos lineares univariados. A diversidade de vespas solitárias é maior na área mais conservada, já os inimigos naturais na área de sucessão inicial, o que pode estar relacionado com a maior abundância dos seus hospedeiros nestas áreas. Em relação à diversidade espacial (diversidade β), inimigos naturais apresentam um baixo compartilhamento de espécies ao longo das áreas em diferentes estágios de sucessão, porém o mesmo não ocorre para seus hospedeiros. Nenhuma das variáveis abióticas teve efeito sobre a abundância, porém foi observado que mudanças microambientais (como abertura de clareiras) interferiram na composição e abundância das espécies. Conclui-se que microambientes podem interferir mais que os estágios sucessionais das áreas. E mesmo as áreas possuindo grande diferença de idade, sua composição e variáveis parecem semelhantes, sendo suficientes para manter as espécies estabelecidas no sub-bosque.

Palavras-chave: Sucessão secundária, diversidade, clareiras, sub-bosque.

ABSTRACT: To be considered a megadiverse country, new environmental policies are being employed in Brazil. In the last decades we observed an increase in the number of protected natural areas. This was followed by an increase in the number of studies focusing community restoration along successional processes, using ecological analysis of the structure of the assembly. The solitary wasps and their natural enemies are sensitive to environmental change, these insects having a great importance in studies of ecosystem conservation. Thus, this study aims to understand the variations in the assembly of solitary wasps and their natural enemies along a gradient of forest succession and the effects of abiotic factors in these groups. The collection of wasps and their natural enemies was accomplished through the use of trap-nests in three areas in different successional stages (early successional, intermediate successional and primary forest). We analyzed the assembly of the structure of these insects through α and β diversity indices and the change and effect of environmental variables using analysis of variance and general linear models (GLM). The diversity of solitary wasps are kept higher in the area, since the natural enemies in succession starting area, which may be related to the increased abundance in these areas of their hosts. Regarding the spatial diversity (β diversity), natural enemies has a low share of species along the areas in different stages of succession, but the same is not true for their hosts. None of the abiotic factors had an effect on the abundance, but it was observed that Micro-environments (such as opening canopy gaps) interfered in the composition and abundance of species. It follows those micro-environments interfere more than stages succession of areas. And even areas having large age difference, their composition and variables appear similar, being sufficient to maintain the species established in the understory.

Key-words: Secondary succession, diversity, canopy gaps, understorey.

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica situa-se ao longo da costa brasileira do nordeste do Rio Grande do Norte ao sul do Rio Grande do Sul, com extensão original de 1.233, 875 km² (Conservation International 2014). Este Bioma é composto por um conjunto de fitofisionomias e formações florestais bastante diversificadas, tais como: Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; e Floresta Estacional Decidual, bem como os manguezais, as vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encraves florestais do Nordeste (MMA 2008).

Este bioma é reconhecido por sua imensa diversidade biológica e alto grau de endemismo. Há cerca de 8 mil espécies vegetais endêmicas (2,7% das espécies globais), 567 espécies de vertebrados (2,1% das espécies globais) e acredita-se que número de espécies de invertebrados (principalmente insetos) seja ainda maior, embora o conhecimento existente não seja suficiente para estimá-los em sua totalidade (Myers et al. 2000). Sua cobertura original foi reduzida para 7,5%, restando hoje poucos remanescentes florestais (Myers et al. 2000). Mesmo assim sua diversidade é comparável à da Floresta Amazônica (Phys.org 2012). O grande número de espécies endêmicas, associada a sua grande degradação, torna a Mata Atlântica um dos 35 hotspots de biodiversidade do planeta (Conservation International 2014).

Novas leis de conservação da Mata Atlântica vêm sendo empregadas (MMA 2008). Cerca de 36% das áreas são protegidas por lei, sendo a maior parte destas compostas por áreas de sucessão secundária (Myers et al. 2000; PMPMA 2001). Tanto a composição como a diversidade vegetal nas áreas em processo de sucessão muda ao longo do tempo (Horn 1974; Bergeron 2000; Capitanio e Carcaillet 2008). Com o avanço sucessional em florestas tropicais, como a Mata Atlântica, há um incremento na densidade, altura e variação do DAP (diâmetro do caule na altura do peito do coletor). Estes fatores aumentam a diversidade estrutural, afetando diretamente a fauna ali estabelecida (Guariguata e Ostertag 2001; Cheung et al. 2010).

Vários estudos em áreas no processo de sucessão secundária vêm sendo realizados para compreender como as modificações sofridas ao longo do tempo interferem na fauna local (Morato e Campos 2000; Forup et al. 2008; Matos et al. 2013). Uma das maneiras utilizadas para avaliar estas áreas modificadas são estudos ecológicos da estrutura de assembleias, tais como abundância, diversidade e composição, que fornecem informações importantes, para comparação de ambientes em diferentes estágios de degradação (Aguar e Martins 2002; Tylianakis et al. 2006a; Buschini e Woiski 2008).

Estudos ecológicos de estrutura de assembleias mostram que ambientes mais conservados são mais heterogêneos e por isso possuem uma maior diversidade (Clausnitzer 2003). Porém, tanto grupos funcionais, como espécies, podem responder diferentemente ao *stress* causado pelas modificações ambientais (Klein et al. 2004; Klein et al. 2006). Na atualidade, sem sombra de dúvidas, o grupo mais utilizado para estudos de conservação são os insetos (Albrecht et al. 2007; Forup et al. 2008; Tylianakis et al. 2008).

Dentre os insetos, vespas e seus inimigos naturais (parasitoides e cleptoparasitas) são uma importante ferramenta para o estudo de áreas alteradas pelo homem, já que são animais sensíveis às modificações ambientais (Kruess e Tscharrntke 1994; Tscharrntke et al. 1998; Tylianakis et al. 2006b). Deste modo, este trabalho tem o objetivo de avaliar a estrutura da assembleia de vespas e seus inimigos naturais em três áreas em diferentes estágios sucessionais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi desenvolvido na Reserva Natural Salto Morato (RNSM; 25°10'S e 48°18'W) localizado na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, litoral do Paraná. A reserva apresenta uma extensão de 2.252,83 ha, situando-se no domínio de Mata Atlântica, com formações

vegetais de Floresta Ombrófila Densa, nas variações Altomontana, Montana, Submontana e Aluvial (FBPN, 2011).

Segundo a classificação de Koeppen, o clima da região é Cfa – Subtropical úmido, com temperatura média anual em torno de 21°C, sendo a temperatura média do mês mais quente aproximadamente 25°C e a temperatura média do mês mais frio igual a 17°C. Apresenta verões quentes, raramente geadas e há concentração de chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. Os índices pluviométricos são elevados, entre 2.000 e 3.000 mm anuais (FGBPN 2011).

A RNSM possui um mosaico de paisagens devido ao seu antigo uso destas terras. Anteriormente parte desta localidade era destinada para bubalinocultura e pequenas monoculturas e, após criação da reserva, estes ambientes vêm se regenerando naturalmente. Segundo Gatti (2000), existem áreas de floresta primária pouco alterada, formações típicas de sucessão secundária, como capoeirinha, capoeira e capoeirão.

Neste trabalho foram escolhidos três estágios sucessionais, áreas que estão no processo de regeneração natural há 20 anos (capoeira) denominado neste trabalho área de sucessão inicial; áreas que estão no processo de regeneração natural há 40 anos (capoeirão) denominado neste trabalho área de sucessão intermediária e áreas de florestas primária pouco alteradas denominada área de mata primária (Figura 1).

Abaixo segue uma descrição sobre os estágios sucessionais amostrados, baseado em observações pessoais e nos trabalhos de Gatti (2000) e Garey (2007):

Na área de sucessão inicial a altura média das árvores é de dez metros de altura e em média com 12 cm de diâmetro (DAP), com alguns indivíduos isolados com alturas superiores a 15 m. Na porção interior com estrato herbáceo-arbustivo mais denso e composto de samambaias de folhas mais duras e lianas espinhosas e resistentes. Nestas áreas a luminosidade é maior e a umidade menor em comparação aos estágios sucessionais mais avançados. As formações de clareiras naturais são pouco frequentes (Figura 2A e 2B).

As características florísticas e estruturais da área de sucessão intermediária é típica de floresta em plena maturidade. A copa densa e a

estratificação das mesmas torna o interior da mata úmida e escura. A região do sub-bosque é dominada pelo caeté-banana, que em alguns casos ultrapassam 1,20 m de altura, o que conserva a serapilheira muito úmida. A abertura de clareiras naturais é frequente (Figura 2C e 2D).

A área de floresta primária sofreu algumas alterações, provocadas principalmente pela exploração de palmito e de madeiras de lei. Porém, mantém suas características estruturais e fisionômicas de uma floresta primária. Possui três estratos arbóreos, com uma grande ocupação do espaço vertical, além da profusão de epífitas, lianas e constritoras. O estrato dominante possui um número menor de indivíduos, mas todos de grande porte, podendo ultrapassar os 30 m de altura, fazendo que a área seja úmida e com pouca luminosidade. Figueiras adultas ainda estão presentes nestas áreas. A formação de clareiras naturais é comum (Figura 2E e 2F).

2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL

Para coleta das vespas foram usados ninhos-armadilha de madeira não tratada com dimensões de 12 x 3,5 x 2,5 cm e com um orifício interno longitudinal de 8,0 cm de comprimento. Os diâmetros dos orifícios destas armadilhas são de 0,5; 0,7; 1,0 e 1,3 cm. Cada ninho encontra-se serrado ao longo do comprimento, sendo separado em duas metades, as quais são unidas por fita adesiva (Figura 3A). Esses ninhos foram agrupados com lona preta em um bloco maior contendo 16 ninhos-armadilha, com quatro ninhos de cada diâmetro, dispostos de forma aleatória (Figura 3B) (Buschini 2006; Buschini e Woiski 2008).

Cada bloco foi fixado em uma estaca de madeira a 1,5 m de altura, com uma telha de cobertura móvel fixada com arame (Figura 3C) (Buschini 2006; Buschini e Woiski 2008). Os ninhos foram instalados nas áreas de floresta primária, de sucessão intermediária e inicial, havendo duas áreas para cada estágio sucessional. Em cada área foram colocados seis blocos, com distância de 50 metros entre eles. Ao total foram 36 blocos, totalizando 576 ninhos em campo.

As armadilhas foram inspecionadas duas vezes por mês com o auxílio de otoscópio, de agosto de 2013 a abril de 2014. Juntamente com a inspeção das armadilhas eram coletados dados de luminosidade com auxílio de luxímetro, temperatura e umidade com termohigrômetro. As medidas abióticas eram aferidas a cada coleta em horários diferentes e locais distintos dentro das mesmas áreas. Cada ninho ocupado foi retirado e substituído por outro do mesmo diâmetro vazio para manter a oferta de cavidades para nidificação.

Posteriormente os ninhos ocupados foram mantidos durante 15 dias no laboratório da RNSM e depois levados para sala de criação na UFPR com temperatura e luminosidade controlada (25°C e 12 horas diárias de iluminação), sendo mantidos até a emergência dos adultos.

Após a emergência, os indivíduos foram mortos, alfinetados, etiquetados e identificados com auxílio de chaves de identificação (Kohl 1902; Bohart and Menke 1976; Menke and Fernández 1996) e especialistas dos grupos. Este material foi depositado na coleção de Entomologia Pe. Jesus Santiago Moure, Universidade Federal do Paraná.

2.3 DESCRIÇÃO DE DADOS COLETADOS

Foram consideradas vespas as espécies que nidificaram nos ninhos-armadilha e inimigos naturais, todas as espécies que parasitaram as mesmas (parasitoides e cleptoparasitas) (ver associação entre inimigos naturais e hospedeiros - Apêndice A). Para as vespas os valores utilizados nos testes a seguir, foram baseados no número de ninhos obtidos, já os inimigos naturais a partir do número de células atacadas.

Todos os testes a seguir foram realizados no software R versão 2.13.3 (R Development Core Team 2013).

2.4 ANÁLISE DE DADOS

2.4.1 Abundância

Primeiramente foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk para testar a normalidade e homogeneidade dos valores de abundância das vespas e de seus inimigos naturais.

Como eles seguiam os pressupostos de normalidade e homogeneidade, foram submetidos ao teste de variância ANOVA, para avaliar a abundância das três áreas. Além disto, também foi calculado o valor de desvio padrão para cada área.

2.4.2 Frequência de ocorrência e dominância das espécies

Foram calculados os índices de frequência de ocorrência (FO) e a dominância (D) das espécies de vespas e seus inimigos naturais para cada estágio sucessional, utilizando as fórmulas propostas por Palma (1975). A frequência de ocorrência é dada por: $FO_i = (\text{número de coletas com a espécie } i / \text{número total de coletas}) * 100$, onde cada amostra corresponde a uma coleta em um determinado estágio sucessional. As espécies foram então classificadas em espécies primárias ($FO \geq 50\%$), secundárias ($25\% \leq FO \leq 50\%$) ou acidentais ($FO < 25\%$).

A dominância é dada por: $D_i = (\text{abundância da espécie } i / \text{abundância total}) * 100$. De acordo com o valor de D as espécies são classificadas como: dominantes ($D \geq 5\%$), acessórias ($2,5\% \leq D \leq 5\%$) e acidentais ($D < 2,5\%$). Esses dois índices podem ser usados para agrupar as espécies em três categorias quanto sua ocorrência (OC): espécies comuns, intermediárias e raras. Assim espécies primárias (FO) e dominantes (D) são consideradas comuns (OC). Espécies acidentais em ambos os índices (FO e D) são consideradas raras (OC). Para qualquer outra combinação de FO e D as espécies são classificadas como intermediárias (OC).

2.4.3 Diversidade α

Foram selecionados três índices para estimar a diversidade α das vespas e de seus inimigos naturais. Estes índices são: Riqueza de Margalef (Dmg), Diversidade de Simpson (1/D) e Equitatividade de Pielou (J') (ver equações - Apêndice B).

2.4.4 Diversidade β

Neste trabalho foi utilizada a medida de distância de Jaccard, que avalia a similaridade da composição de espécies (dados de presença e ausência) e Bray-Curtis, que avalia a similaridade levando em consideração a abundância (dados quantitativos). Estas duas medidas de distância foram utilizadas tanto para vespas como para seus inimigos naturais (ver equação - Apêndice B). A partir das matrizes de distância geradas pelos índices de Jaccard e Bray-Curtis foram feitos dendrogramas utilizando o método de agrupamento UPGMA (*Unweight Pair-Group Method Average*). Para avaliar se os dendrogramas gerados representam adequadamente os dados originais foi realizado o coeficiente de correlação cofenético, e as matrizes geradas foram avaliadas pelo teste Mantel.

2.4.5 Efeito das variáveis abióticas na abundância de vespas e inimigos naturais

Foi feito preliminarmente o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e análises gráficas para avaliar a normalidade e homogeneidade dos valores das variáveis abióticas. Nenhuma variável possuía dados normais e homogêneos. Os valores referentes à luminosidade foram logaritmizados e submetidos ao teste paramétrico ANOVA. Já os dados de temperatura e umidade foram avaliados pelo teste não paramétrico Kruskal-Wallis.

Foram utilizados modelos lineares univariados para determinar o efeito das variáveis abióticas (luminosidade, temperatura e umidade) sobre a abundância de vespas e de inimigos naturais.

3. RESULTADOS

3.1 ABUNDÂNCIA E DOMINÂNCIA DE ESPÉCIES

Foram coletados 142 ninhos de seis espécies de vespas (Apêndice C). A abundância total de ninhos entre as diferentes áreas não variou significativamente ($p=0,5695$). Das 256 células fundadas, 17 foram atacadas. Foram registradas cinco espécies de inimigos naturais, quatro da ordem Hymenoptera e um da ordem Diptera (Apêndice D). O número de células parasitadas não variou significativamente entre os diferentes estágios sucessionais ($p=0,2448$).

A maioria das espécies de vespas foi classificada como intermediária, com exceção de *Podium* sp. que foi comum em área de sucessão inicial e intermediária, *Trypoxylon* sp1. e *Trypoxylon* sp2. que foram raras em áreas de sucessão intermediária (Tabela 1). Os inimigos naturais foram todos classificados com intermediários (Tabela 2).

3.2 DIVERSIDADE DE ESPÉCIES E SIMILARIDADE DOS ESTÁGIOS SUCESSIONAIS

Para vespas solitárias, tanto a diversidade quanto a equitatividade calculadas foram maiores nas áreas de mata primária, sendo a maior riqueza encontrada na área de sucessão intermediária (Tabela 3). Em relação aos inimigos naturais a riqueza e a equitatividade foram maiores na área de sucessão intermediária, sendo a maior diversidade encontrada na área de sucessão inicial (Tabela 4).

Tanto para as vespas (Figura 4 e 6), como para os seus inimigos naturais (Figura 5 e 7), as composições de espécies (distância de Jaccard) e suas abundâncias (distância de Bray-Curtis) foram mais similares nas áreas de sucessão inicial e mata primária. Os valores obtidos pelo teste de Mantel em relação à adequação dos dendrogramas sempre foi acima de $r=0,80$.

3.3 EFEITO DAS VARIÁVEIS ABIÓTICAS NA ABUNDÂNCIA DE VESPAS E INIMIGOS NATURAIS

Não houve diferença significativa entre as variáveis abióticas das áreas com diferentes estágios sucessionais (Luminosidade $p=0,1196$; Temperatura $p= 0,9701$; Umidade $p=0,0771$) (ver tabela com valores das variáveis abióticas - Apêndice E). O modelo linear indicou que as variáveis abióticas não explicam a abundância de vespas e seus inimigos naturais (ver resultado de modelo linear - apêndice F).

Os ninhos-armadilha úmidos e bolourados aparentemente eram desprezados para nidificação. A abertura de clareiras naturais ao longo das coletas em algumas estações tornaram as armadilhas menos úmidas, abundância de ninhos fundados aumentou, e espécies como *Trypoxylon* sp1., *Trypoxylon* sp2. e *Penepodium* sp. foram coletas apenas nestas estações (Figura 8).

4. DISCUSSÃO

Os valores de abundância (ninhos fundados e inimigos naturais) deste estudo foram decrescentes com o aumento da idade das áreas. Porém, não variaram significativamente, podendo ser reflexo do alto valor de desvio padrão de todas as áreas, já que mesmo pertencentes ao mesmo estágio sucessional seus valores de abundância de vespas e inimigos naturais foram distintos. Além disto, comparando estudos com metodologia similar, a abundância total de ninhos é muito baixa. Porém todos estes trabalhos que foram realizados em áreas abertas ou matas com um menor período de regeneração natural que as destes estudos (Buschini e Woiski 2008; Iantas 2013; Nether 2014). Um fator importante na redução da abundância de ninhos é a idade da floresta, pois independente da formação vegetal, quanto mais velha a mata, maior é o número de cavidades naturais existentes (Morato e Martins 2006). Segundo Coville e Coville (1980) as cavidades naturais podem diminuir a nidificação em ninhos-armadilha, reduzindo o número de ninhos coletados, dando a falsa impressão que áreas mais degradadas possuem maior abundância de vespas.

Outro fator que pode ter influencia sobre a abundância destes insetos é a estratificação vertical. De acordo com Morato (2001) em florestas tropicais úmidas a maior abundância de vespas, conseqüentemente também a riqueza e diversidade, estão no dossel. Isto ocorre devido a maior abundância de flores neste local e diferenças microclimáticas. O mesmo não foi encontrado por Buschini (comunicação pessoal) em uma floresta de Araucárias (região de floresta subtropical), a maior abundância e diversidade ficavam nas armadilhas instaladas a 1,5 metros. No entanto, mesmo a floresta de Araucárias sendo localizada geograficamente mais próxima deste estudo, a estrutura da paisagem não é semelhante.

A área com maior riqueza de espécies neste estudo foi a de sucessão intermediária, possivelmente resultado do mosaico de espécies pioneiras e avançadas que podem estar presentes em áreas com estágio sucessional intermediário (Horn 1974; Bergeron 2000; Morato 2004). No caso do nosso trabalho, visto para espécies *Trypoxylon* sp1 e *Trypoxylon* sp2, as duas presentes na área de sucessão intermediária e em apenas mais uma área. Em relação aos valores de diversidade e equitatividade, foi encontrado o esperado, já que ambientes mais conservados tendem a ter uma maior diversidade de insetos (Morato e Campos 2000; Shahabuddin et al. 2005; Klein et al. 2007). No entanto, a diversidade de vespas solitárias não é bem entendida em áreas degradadas, pois muitos estudos mostram áreas abertas e mais degradadas podem apresentar uma maior diversidade em comparação a áreas mais conservadas (Aguilar e Martins 2002; Tylianakis et al. 2006a; Buschini e Woiski 2008).

De acordo com Taki *et al.* (2008) degradação florestal pode apresentar uma pequena influencia na assembleia de vespas. Segundo os mesmos autores os microambientes no sub-bosque de florestas podem interferir muito mais na assembleia destes insetos. Neste estudo pode-se observar as mudanças no ambiente em escala menor, como clareiras (microambiente), podem aumentar a abundância e alterar a composição das espécies, assim como já foi encontrado para outros grupos de insetos (Gorham et al. 2002; Horn et al. 2005). A principal mudança inicialmente provocada pelas clareiras é o aumento da luminosidade, o que pode interferir diretamente na umidade e

temperatura local, sendo fatores que afetam diretamente a abundância, riqueza e diversidade de vespas e abelhas que nidificam em cavidades preexistentes (Klein et al. 2002; Matos et al. 2013). Além disto, Buschini e Woiski (2008) propõem que espécies de vespas solitárias presentes nas regiões tropicais e subtropicais possuem uma maior preferência por áreas abertas (mais iluminadas).

A similaridade alta encontrada para a assembleia de vespas, o que corresponde a uma baixa diversidade β , se mostra distinta quando comparada a outros trabalhos (Tylianakis et al. 2006a; Buschini e Woiski 2008), pois se espera que áreas tão conservadas e naturais apresente a diversidade β alta (Tylianakis et al. 2006a). Em um estudo nas florestas tropicais da Nova Guiné, Novotny et al. (2007) encontrou uma baixa diversidade para três grupos de insetos herbívoros. Os autores justificam este resultado apontando que diferentemente do que se esperava, florestas tropicais inseridas em grandes bacias possuem uma grande uniformidade de altitude, clima e solo que suportam uma baixa diversidade β de vegetação, interferindo diretamente nos insetos herbívoros. Extrapolando está informação, sabe-se que as presas utilizadas no provisionamento dos ninhos são um fator determinante na assembleia de vespas predadoras (Holzschu et al. 2010), então se as presas se distribuem uniformemente pelo ambiente, da mesma maneira ocorreria para o seus predadores.

Para um melhor entendimento dos efeitos das mudanças ambientais van der Putten (2004) sugere que o ideal é analisar mais de um nível trófico dentro das mesmas variáveis. A perda da biodiversidade causada a um único grupo funcional pode gerar consequências às espécies de outro. Estudos mostram que espécies dentro ou entre níveis tróficos distintos podem ser afetadas diferentemente as mudanças ambientais, sendo as pertencentes aos níveis mais elevados as mais afetadas (Kruess e Tschardtke 1994; van der Putten et al. 2004; Klein et al. 2006).

Analisando o nível trófico acima, pertencente aos inimigos naturais, observamos que os valores de diversidade α se mostram distintos dos encontrados para seus hospedeiros, as vespas solitárias. Segundo Holzschuh et al. (2010) e Veddeler et al. (2010) a composição e diversidade de inimigos

naturais está fortemente associada com a composição, diversidade e abundância de seus hospedeiros, portanto quanto maior a diversidade e abundância de vespas solitárias, maior será a de parasitoides e cleptoparasitas. Acredita-se que os valores de riqueza e diversidade deste estudo estejam associado a maior abundância de ninhos encontradas nas áreas de estágio inicial e intermediário, pois quantos mais ninhos coletados, maiores são as chances destes índices aumentarem.

Já para diversidade β , os agrupamentos formados são iguais aos encontrados para as vespas, porém as áreas são muito menos similares entre si (diversidade β alta). Em relação distribuição dos inimigos naturais, há um baixo compartilhamento de espécies ao longo das áreas, pois nenhuma das espécies está presente em todas elas. A especificidade em relação ao hospedeiro pode reduzir a distribuição geograficamente, implicando numa maior taxa de mudança espacial na composição das espécies (Novotny e Weiblen 2005).

Várias características são consideradas importantes para prever a assembleia de vespas solitárias, tais como riqueza e abundância vegetal (Loyola e Martins 2008; Matos et al. 2013), fatores abióticos (Klein et al. 2002; Klein et al. 2006) e recursos para nidificação (Morato e Martins 2006; Steffan-Dewenter e Schiele 2008). Além disto, microambientes possuem grande influência nestes insetos, o que pode interferir ao se analisar assembleia em um espaço maior (Morato 2004; Taki et al. 2008). Dados de abundância, composição e variáveis abióticas parecem ser muito semelhantes entre os três estágios florestais. Por isso acredita-se que os recursos existentes em todas as áreas são suficientes para sobrevivência e reprodução das assembleias estabelecida no sub-bosque da floresta.

REFERÊNCIAS

- Aguiar AJC, Martins CF (2002) Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). *Rev Bras Zool* 19:101–116.

- Albrecht M, Duelli P, Schmid B, Müller CB (2007) Interaction diversity within quantified insect food webs in restored and adjacent intensively managed meadows. 1015–1025. doi: 10.1111/j.1365-2656.2007.01264x
- Bergeron Y (2000) Species and Stand Dynamics in the mixed woods of Quebec's Southern Boreal Forest. *Ecology* 81:1500–1516.
- Bohart RM, Menke AS (1976) Sphecid wasps of the world: a generic revision, 1^a ed. University of California Press, Los Angeles 695p.
- Buschini MLT (2006) Species diversity and community structure in trap-nesting bees in Southern Brazil. *Apidologie* 37:58–66. doi: 10.1051/apido
- Buschini MLT, Woiski TD (2008) Alpha-beta diversity in trap-nesting wasps (Hymenoptera: Aculeata) in Southern Brazil. *Acta Zool* 89:351–358. doi: 10.1111/j.1463-6395.2008.00325.x
- Capitanio R, Carcaillet C (2008) Post-fire Mediterranean vegetation dynamics and diversity: A discussion of succession models. *For Ecol Manage* 255:431–439. doi: 10.1016/j.foreco.2007.09.010
- Cheung KC, Liebsch D, Marques MCM (2010) Forest recovery in newly abandoned pastures in southern Brazil: Implications for the Atlantic Rain forest resilience. *Nat a Conserv* 8:66–70. doi: 10.4322/natcon.00801010
- Clausnitzer V (2003) Dragonfly communities in coastal habitats of Kenya: Indication of biotope quality and the need of conservation measures. *Biodivers Conserv* 12:333–356. doi: 10.1023/A:1021920402913
- Conservation International (2014) Hotspots. www.conservation.org. Acessado 4 Dez 2014
- Coville RE, Coville PL (1980) Nesting biology and male behavior of *Trypoxylon* (*Trypargilum*) *tenoctlan* in Costa Rica (Hymenoptera: Sphecidae). *Annu Entomol Soc Am* 73:110–119.
- FGBPN (2011) Plano de Manejo da Reserva Natural Salto Morato – Guaraqueçaba, PR. 222 p.
- Forup ML., Henson KSE, Craze PG, Memmott J (2008) The restoration of ecological interactions: plant-pollinator networks on ancient and restored heathlands. *J Appl Ecol* 45:742–752.
- Garey MV (2007) Diversidade de anfíbios anuros em três diferentes estádios sucessionais da Floresta Atlântica da Reserva Natural Salto Morato , Guaraqueçaba-PR. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná - Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação. 83p.

- Gatti ALS (2000) O componente epifítico vascular na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba-PR. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná - Programa de Pós-Graduação em Botânica. 60p.
- Gorham LE, King SL, Keeland BD, Mopper S (2002) Effects of canopy gaps and flooding on homopterans in a Bottomland Hardwood Forest. *Wetlands* 22:541–549. doi: 10.1672/0277-5212(2002)022[0541:EOCGAF]2.0.CO;2
- Guariguata MR, Ostertag R (2001) Neotropical secondary forest succession: Changes in structural and functional characteristics. *For Ecol Manage* 148:185–206. doi: 10.1016/S0378-1127(00)00535-1
- Holzschuh A, Steffan-Dewenter I, Tschardt T (2010) How do landscape composition and configuration, organic farming and fallow strips affect the diversity of bees, wasps and their parasitoids? *J Anim Ecol* 79:491–500. doi: 10.1111/j.1365-2656.2009.01642.x
- Horn HS (1974) The ecology of secondary succession. *Annu Rev Ecol Syst* 25–37.
- Horn S, Hanula JL, Ulyshen MD, Kilgo JC (2005) Abundance of green tree frogs and insects in artificial canopy gaps in a Bottomland Hardwood Forest. *Am Midl Nat* 153:321–326.
- Iantas J (2013) Estrutura da comunidade e redes tróficas de vespas e abelhas solitárias (Hymenoptera: Aculeata) em áreas de Mata Atlântica e de cultivos. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual do Centro-Oeste - Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva. 120p.
- Klein A-M, Steffan-Dewenter I, Buchori D, Tschardt T (2002) Effects of Land-Use Intensity in Tropical Agroforestry Systems on Coffee Flower-Visiting and Trap-Nesting Bees and Wasps. *Conserv Biol* 16:1003–1014. doi: 10.1046/j.1523-1739.2002.00499.x
- Klein A, Steffan-dewenter I, Tschardt T (2004) Foraging trip duration and density of megachilid bees, eumenid wasps and pompilid wasps in tropical agroforestry systems. *J Anim Ecol* 73:517–525.
- Klein A-M, Steffan-Dewenter I, Tschardt T (2006) Rain forest promotes trophic interactions and diversity of trap-nesting Hymenoptera in adjacent agroforestry. *J Anim Ecol* 75:315–23. doi: 10.1111/j.1365-2656.2006.01042.x
- Klein A-M, Vaissière BE, Cane JH, et al. (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc Biol Sci* 274:303–13. doi: 10.1098/rspb.2006.3721

- Kohl FF (1902) Die Hymenopterengruppe der Sphecinen. II. Monographie der Neotropischen Gattung Podium Fabr. 117.
- Kruess A, Tscharntke T (1994) Habitat fragmentation, species loss, and biological control. *Science* (80-) 264:1581–1584.
- Loyola RD, Martins RP (2008) Habitat structure components are effective predictors of trap-nesting Hymenoptera diversity. *Basic Appl Ecol* 9:735–742. doi: 10.1016/j.baae.2007.06.016
- Matos MCB, Sousa-Souto L, Almeida RS, Teodoro A V. (2013) Contrasting Patterns of Species Richness and Composition of Solitary Wasps and Bees (Insecta: Hymenoptera) According to Land-use. *Biotropica* 45:73–79. doi: 10.1111/j.1744-7429.2012.00886.x
- Menke AS, Fernández C (1996) Claves ilustradas para las subfamilias, tribus y generos de esfecidos neotropicales (Apoidea: Sphecidae). *Rev Biol Trop* 44:1–68.
- MMA (2008) Ministério do Meio Ambiente. www.mma.gov.br. Acessado 4 Dez 2014
- Morato EF (2001) Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias na Amazônia Central. II. Estratificação vertical. *Rev Bras Zool* 18:737–747.
- Morato EF (2004) Efeitos da sucessão florestal sobre a nidificação de vespas e abelhas solitárias. Tese de doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre. 289p.
- Morato EF, Campos LAO (2000) Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central. *Rev Brazilian Zool* 17:429–444.
- Morato EF, Martins RP (2006) An overview of proximate factors affecting the nesting behavior of solitary wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) in preexisting cavities in wood. *Neotrop Entomol* 35:285–98.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, et al. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858.
- Nether MC (2014) Diversidade e redes de interação de vespas e abelhas que nidificam em cavidades preexistentes: Efeito da modificação de habitats. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual do Centro-Oeste - Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva. 77p.
- Novotny V, Miller SE, Hulcr J, et al. (2007) Low beta diversity of herbivorous insects in tropical forests. *Nature* 448:6–11. doi: 10.1038/nature06021

- Novotny V, Weiblen GD (2005) From communities to continents : beta diversity of herbivorous insects. *AnnZoolFennici* 42:463–475.
- Phys.org (2012) Reserve is haven for study of Brazil's Atlantic rainforest. 1–3. <http://phys.org/news/2012-11-reserve-haven-brazil-atlantic-rainforest.html>. Acessado 5 dez 2014.
- PMPMA (2001) Dossiê Mata Atlântica 2001. Projeto monitoramento participativo. ed RMA; ISA e Sociedade Nordestina de Ecologia. 407p.
- R Development Core Team (2013) R. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Shahabuddin I, Schulze CH, Tscharrntke T (2005) Changes of dung beetle communities from rainforests towards agroforestry systems and annual cultures in Sulawesi (Indonesia). *Biodivers Conserv* 14:863–877.
- Steffan-Dewenter I, Schiele S (2008) Do resources or natural enemies drive bee population dynamics in fragmented habitats? *Ecology* 89:1375–87.
- Taki H, Viana BF, Kevan PG, et al. (2008) Does forest loss affect the communities of trap-nesting wasps (Hymenoptera: Aculeata) in forests? Landscape vs. local habitat conditions. *J Insect Conserv* 12:15–21. doi: 10.1007/s10841-006-9058-1
- Tscharrntke T, Gathmann A, Steffan-Dewenter I (1998) Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *J Appl Ecol* 35:708–719. doi: 10.1046/j.1365-2664.1998.355343.x
- Tylianakis JM, Klein A-M, Lozada T, Tscharrntke T (2006a) Spatial scale of observation affects alpha, beta and gamma diversity of cavity-nesting bees and wasps across a tropical land-use gradient. *J Biogeogr* 33:1295–1304. doi: 10.1111/j.1365-2699.2006.01493.x
- Tylianakis JM, Rand T a., Kahmen A, et al. (2008) Resource Heterogeneity Moderates the Biodiversity-Function Relationship in Real World Ecosystems. *PLoS Biol* 6:e122. doi: 10.1371/journal.pbio.0060122
- Tylianakis JM, Tscharrntke T, Klein A-M (2006b) Diversity, ecosystem function, and stability of parasitoid-host interactions across a tropical habitat gradient. *Ecology* 87:3047–57.
- Van der Putten WH, de Ruiter PC, Martijn Bezemer T, et al. (2004) Trophic interactions in a changing world. *Basic Appl Ecol* 5:487–494. doi: 10.1016/j.baae.2004.09.003

Veddeler D, Tylianakis J, Tschamntke T, Klein A-M (2010) Natural enemy diversity reduces temporal variability in wasp but not bee parasitism. *Oecologia* 162:755–62. doi: 10.1007/s00442-009-1491-x

TABELAS

Tabela 1 – Frequência de ocorrência (FO), dominância (D) de espécies e classificação (OC) como: Rara (R), Intermediária (I) e Comum (C) das vespas nas áreas de sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).

Espécies	Inicial			Intermediária			Primária		
	FO	D	OC	FO	D	OC	FO	D	OC
Crabronidae									
<i>Trypoxylon</i> sp1	37,5	18,5	I	6,3	2	R	**	**	**
<i>Trypoxylon</i> sp2	**	**	**	6,3	2	R	18,8	45	I
<i>Liris</i> sp	12,5	8,5	I	**	**	**	12,5	25	I
Sphecidae									
<i>Podium</i> sp	50	50	C	37,5	92	C	12,5	10	I
<i>Penepodium</i> sp	**	**	**	12,5	16,9	I	**	**	**
Pompilidae									
<i>Auplopus</i> sp	**	**	**	12,5	4	I	**	**	**
<i>Auplopus tarsatus</i> Smith, 1873	6,25	2,8	I	12,5	4	I	20	20	I

Tabela 2 - Frequência de ocorrência (FO), dominância (D) de espécies e classificação (OC) como: Rara (R), Intermediária (I) e Comum (C) dos inimigos naturais nas áreas de sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).

Espécies	Inicial			Intermediária			Primária		
	FO	D	OC	FO	D	OC	FO	D	OC
Ichneumonidae									
<i>Photocryptus</i> sp	18,7	20	I	**	**	**	12,5	50	I
Eulophidae									
<i>Melittobia australica</i> Girault, 1912	**	**	**	6,2	50	I	6,2	17	I
Eulophidae sp	6,2	10	I	**	**	**	6,2	17	I
Phoridae									
<i>Phalacrotophora</i> <i>appendicigera</i> Borgmeier, 1924	25	40	I	**	**	**	**	**	**
Perilampidae									
<i>Perilampus</i> sp	18,7	30	I	6,2	50	I	**	**	**

Tabela 3 - Valores dos Índices de Margalef (Dmg), Simpson (1/D) e Pielou (J') calculados para vespas, nos três diferentes estágios sucessionais. Sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).

Índices	Inicial	Intermediária	Primária
Riqueza de Margalef (Dmg)	0,71	1,26	0,99
Diversidade de Simpson (1/D)	1,88	1,92	3,27
Equitatividade de Pileou (J')	0,21	0,25	0,42

Tabela 4 - Valores dos Índices de Margalef (Dmg), Simpson (1/D) e Pielou (J') calculados para inimigos naturais, nos três diferentes estágios sucessionais. Sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).

Índices	Inicial	Intermediária	Primária
Riqueza de Margalef (Dmg)	1,31	1,45	1,25
Diversidade de Simpson (1/D)	3,33	2,00	2,27
Equitatividade de Pileou (J')	0,93	1,10	0,88

FIGURAS

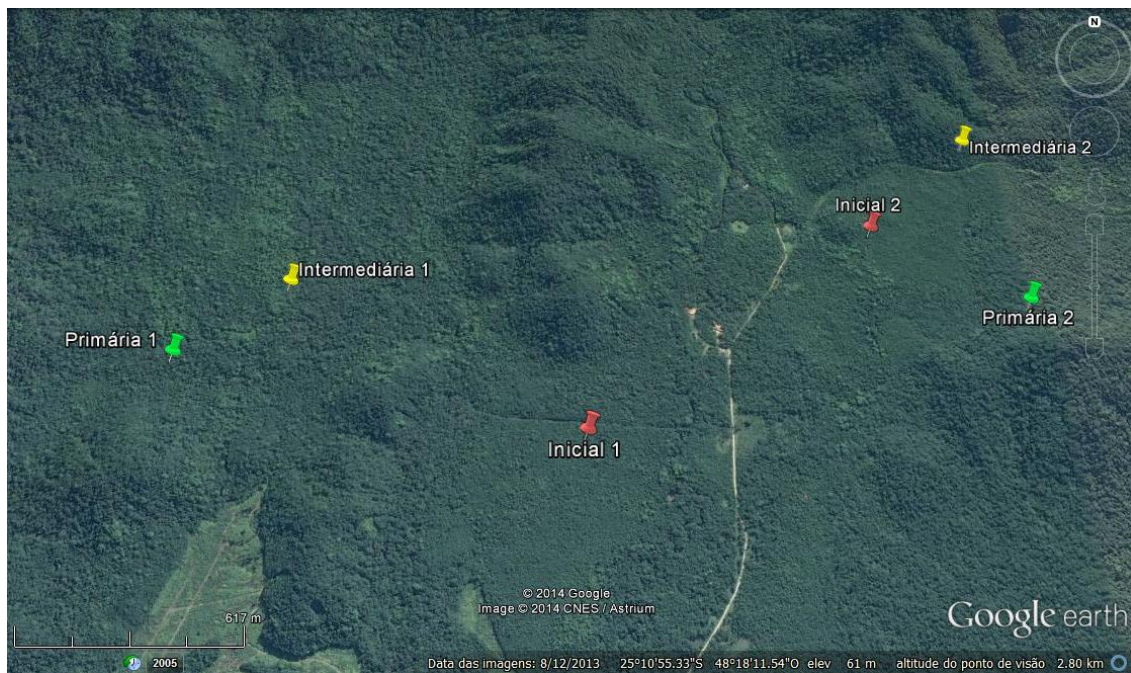


Figura 1 - Indicação das áreas amostrais nos diferentes estágios sucessionais na Reserva Natural Salto Morato, município de Guaraqueçaba, PR. Escala de 617 metros. (Fonte: Google Earth).



Figura 2 - Áreas em diferentes estágios sucessionais na Reserva Natural Salto Morato onde foram instalados ninhos-armadilha. (A) e (B) Área de sucessão inicial (20 anos). (C) e (D) Área de sucessão Intermediária (40 anos). (E) e (F) Área de mata primária (mata primária pouco alterada).

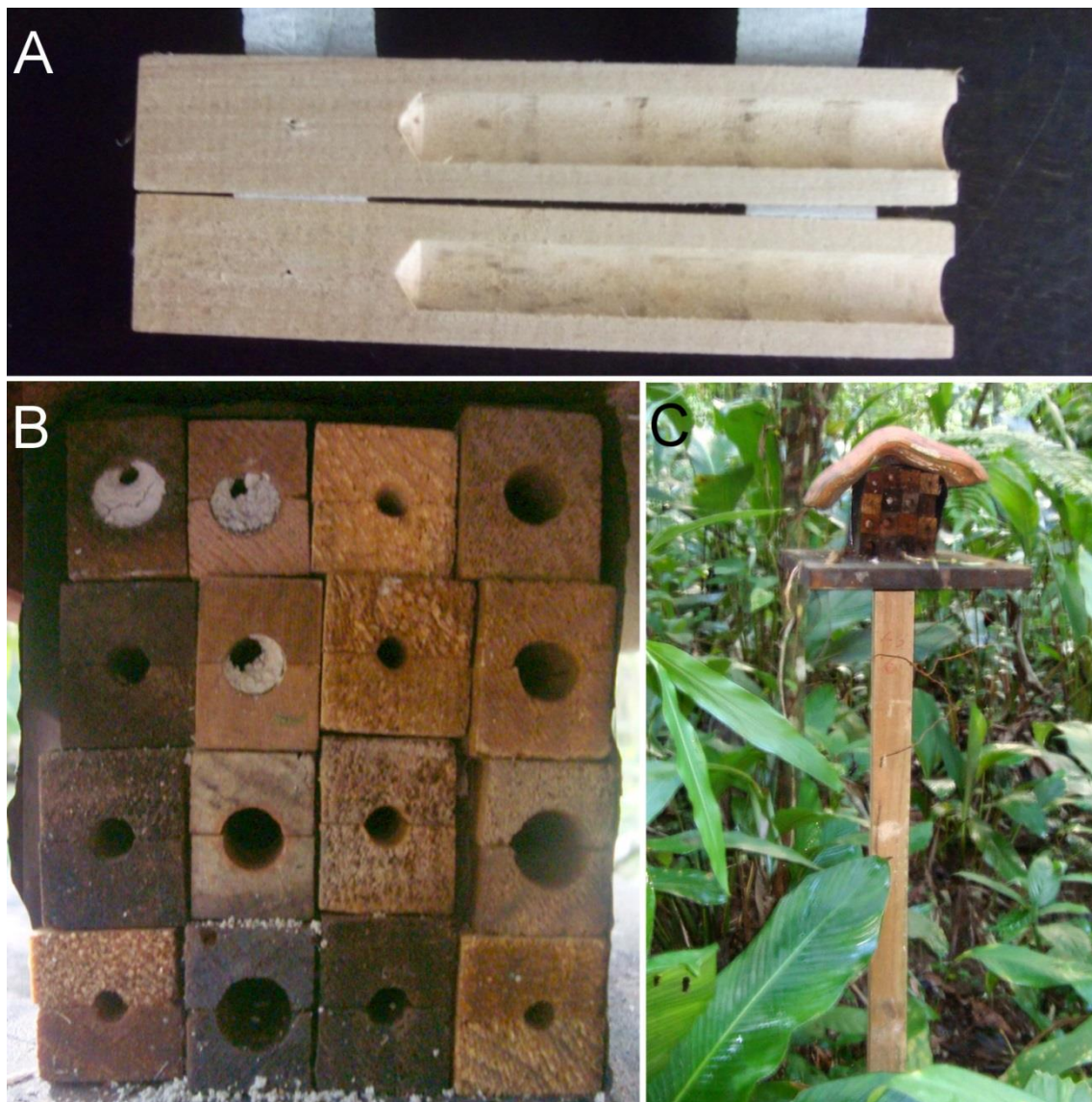


Figura 3 - Ninhos-armadilha. (A) Ninho-armadilha com suas duas metades separadas. (B) Bloco com 16 ninhos-armadilha com os diâmetros 0,5; 0,7; 1,0 e 1,3 cm dispostos aleatoriamente. (C) Bloco de ninhos-armadilha fixado a 1,5m do chão.

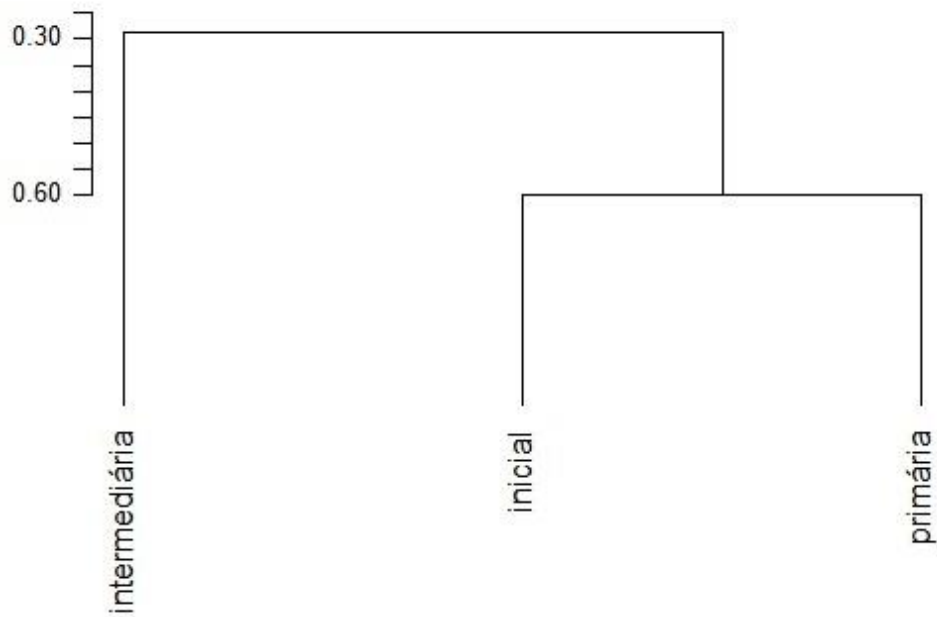


Figura 4 - Dendrograma de similaridade de Jaccard agrupado pelo método UPGMA dos diferentes estágios sucessionais para assembleia de vespas; ($r=1,0000$). Sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).

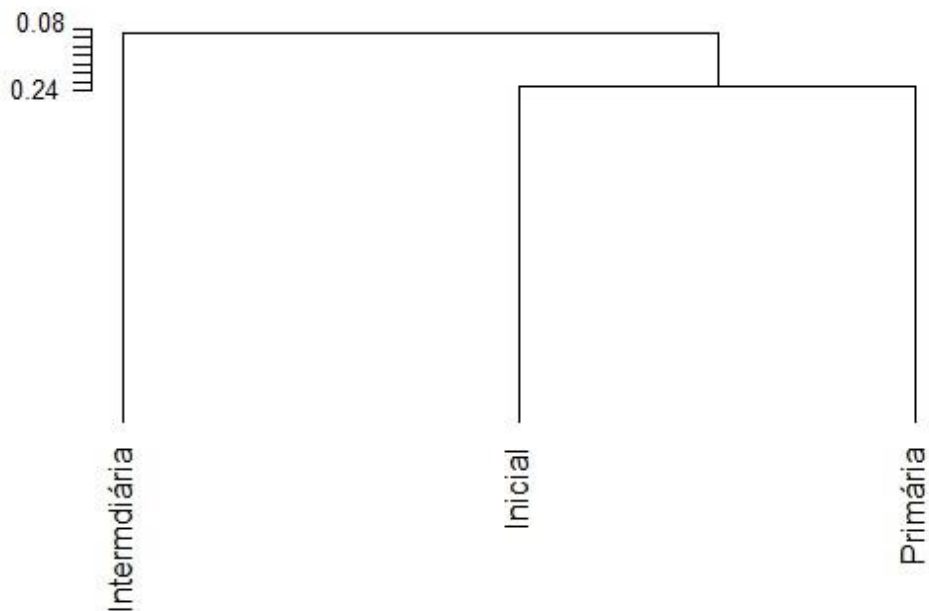


Figura 5 - Dendrograma de similaridade de Jaccard agrupado pelo método UPGMA dos diferentes estágios sucessionais para assembleia de inimigos

naturais; ($r=1,0000$). Sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).

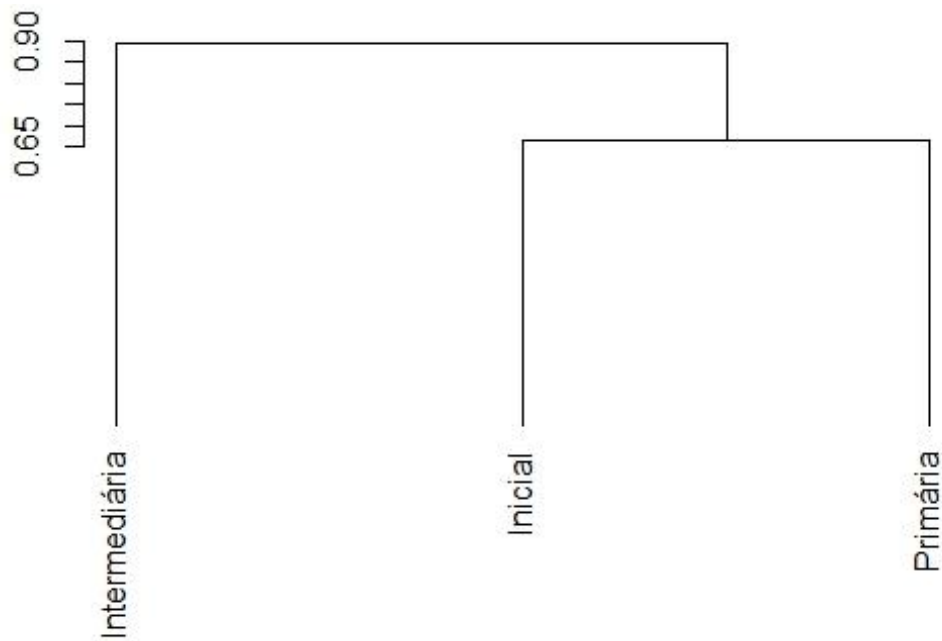


Figura 6 - Dendrograma de dissimilaridade de Bray-Curtis agrupado pelo método UPGMA dos diferentes estágios sucessionais para assembleia de vespas; ($r=0,9233$). Sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).

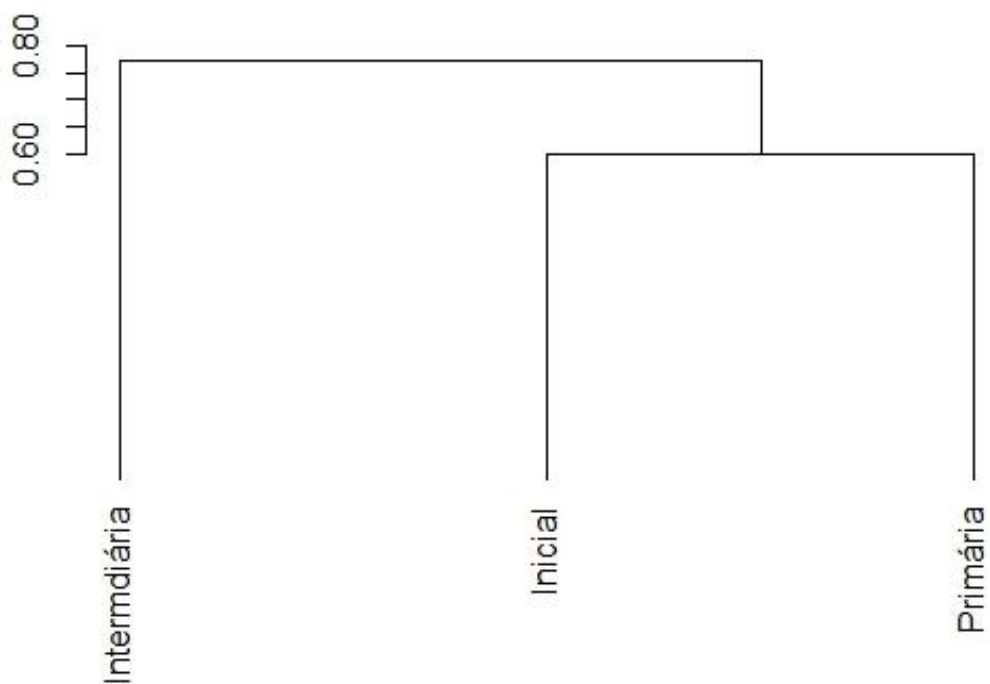


Figura 7 - Dendrograma de dissimilaridade de Bray-Curtis agrupado pelo método UPGMA dos diferentes estágios sucessionais para assembleia de inimigos naturais; ($r=0,8333$). Sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).



Figura 8 – Bloco de ninhos-armadilha da área de estágio sucessionário intermediário – 2, no dia 24 de março de 2014. (A) bloco de ninhos localizado em uma estação com clareira. (B) bloco ninhos localizado em uma estação sem clareira.

APÊNDICES

Apêndice A – Espécies de parasitoides associados com seus respectivos hospedeiros.

Espécies de parasitoides	Espécies de hospedeiros	Número de células atacados
Ichneumonidae		
<i>Photocryptus</i> sp	<i>Trypoxylon</i> sp1	2
	<i>Trypoxylon</i> sp2	2
	<i>Auplopus tarsatus</i> Smith, 1873	1
Eulophidae		
<i>Melittobia australica</i> Girault, 1912	<i>Trypoxylon</i> sp2	1
	<i>Podium</i> sp	1
Eulophidae sp	<i>Auplopus tarsatus</i> Smith, 1873	2
Phoridae		
<i>Phalacrotophora appendicigera</i> Borgmeier, 1924	<i>Podium</i> sp	4
Perilampidae		
<i>Perilampus</i> sp	<i>Podium</i> sp	4

Apêndice B - Fórmulas utilizadas para análise de diversidade α e β :

Equação de riqueza de Margalef (Dmg):

$$Dmg = S - 1 / \log N$$

Onde:

S é o número total de espécies;

Log N é o logaritmo (natural) do número total de indivíduos.

Equação de diversidade de Simpson (1/D):

$$D = 1 / \sum (P_i)^2$$

Onde:

P_i = abundância relativa (proporção) da espécie i na amostra

Equação de Equitatividade de Pielou (J'):

$$J' = H \text{ observado} / H \text{ máx}$$

Onde:

H = índice de diversidade de Shannon-Wiener observado;

$H \text{ máx}$ = índice de diversidade máxima ($H \text{ máx} = \log S$);

S = número de espécies.

Equação do coeficiente de distância de Jaccard (J_c):

$$J_c = C / A + B + C$$

Onde:

A = número de espécies exclusivas para uma determinada área (A);

B = número de espécies exclusivas para uma determinada área (B);

C = número de espécies em comum entre a área A e B .

Equação do índice de distância de Bray-Curtis (B):

$$B = \sum [X_{ij} - X_{ik}] / \sum [X_{ij} + X_{ik}]$$

Onde:

X_{ij} e X_{ik} = o número de indivíduos i nas amostras j e k

Apêndice C – Abundância de ninhos, número de espécies de vespas e desvio padrão nos três diferentes habitats com suas duas réplicas. Área inicial (Inicial), área intermediária (Intermediária) e mata primária (Primária).

Espécies	Ninhos fundados					
	Inicial		Intermediária		Primária	
	1	2	1	2	1	2
Crabronidae						
<i>Trypoxylon</i> sp1.	12	1	0	1	0	0
<i>Trypoxylon</i> sp2.	0	0	1	0	9	0
<i>Liris</i> sp.	0	6	0	0	5	0
Sphecidae						
<i>Podium</i> sp.	10	39	2	34	2	0
<i>Penepodium</i> sp.	0	0	0	9	0	0
Pompilidae						
<i>Auplopus</i> sp.	0	0	0	2	0	0
<i>Auplopus tarsatus</i> Smith	0	2	1	1	2	3
Número total de ninhos	70		51		21	
Número total de espécies	4		6		4	
Desvio padrão	18,39		29,70		10,61	

Apêndice D – Abundância de células atacadas, número de espécies de inimigos naturais e desvio padrão nos três diferentes habitats com suas duas réplicas. Área inicial (Inicial), área intermediária (Intermediária) e mata primária (Primária).

Espécies	Células atacadas					
	Inicial		Intermediária		Primária	
	1	2	1	2	1	2
Ichneumonidae						
<i>Photocryptus</i> sp	2	0	0	0	2	1
Eulophidae						
<i>Melittobia australica</i> Girault, 1912	0	0	0	1	1	0
Eulophidae sp	0	1	0	0	0	1
Phoridae						
<i>Phalacrotophora appendicigera</i> Borgmeier, 1924	0	4	0	0	0	0
Perilampidae						
<i>Perilampus</i> sp	1	2	0	1	0	0
Número total de células atacadas	10		2		5	
Número total de espécies	4		2		3	
Desvio padrão	2,83		1,42		0,71	

Apêndice E – Médias dos valores de luminosidade, temperatura média e umidade relativa média nos três diferentes estágios sucessionais. Medida de iluminação em Lux; medida de temperatura em Célsius; medida de umidade em porcentagem. Sucessão inicial (Inicial), sucessão intermediária (intermediária) e mata primária (Primária).

Local	Luminosidade (lux)	Temperatura (°C)	Umidade (%)
Inicial	840,4 ± 424,0	27,4 ± 0,5	66,4 ± 0,1
Intermediária	783,4 ± 13,9	27,0 ± 0,4	68,3 ± 0,7
Primária	431,6 ± 20,0	27,2 ± 0,0	67,9 ± 3,1

Apêndice F – Resultados do modelo linear univariado testando os efeitos das variáveis abióticas (luminosidade, temperatura e umidade) nos valores de abundância de ninhos e células parasitadas. GL (graus de liberdade); SQ (soma dos quadrados) e MQ (média dos quadrados).

Variáveis respostas	Variáveis preditoras	GL	SQ	MQ	F	P
Número de ninhos fundados	Luminosidade (Lux)	1	56,069	56,069	0,7545	0,4341
	Temperatura (°C)	1	144,500	144,500	0,1321	0,778
	Umidade (%)	1	15,640	15,640	0,0324	0,8659
Número de células parasitadas	Luminosidade (Lux)	1	9,154	9,154	0,1649	0,7544
	Temperatura (°C)	1	60,500	60,500	14,5200	0,1634
	Umidade (%)	1	2,002	2,002	0,2403	0,6497

CAPÍTULO II

BIOLOGIA DE *Liris* sp. (HYMENOPTERA: CRABRONIDAE) EM NINHOS- ARMADILHA EM ÁREA DE MATA ATLÂNTICA NO SUL DO BRASIL.

Camila Cristina Ferreira da Costa, e Maria Luisa Tunes Buschini. Biologia de *Liris* sp. (Hymenoptera: Crabronidae) em ninhos-armadilha no sul do Brasil. As vespas do gênero *Liris* Fabricius, 1804 nidificam em cavidades preexistentes no solo e madeira. Poucos trabalhos no mundo relatam a coleta de ninhos de *Liris* com o método de ninhos-armadilha. Para Mata Atlântica este foi o primeiro registro, mesmo sendo o quinto maior gênero de Crabronidae na região Neotropical. Em paralelo, estudos de biologia de nidificação no mundo são restritos a pequenas notas de observações e para espécies brasileiras é inexistente. Os ninhos de *Liris* sp foram obtidos através do uso de ninhos-armadilha durante oito meses na Reserva Natural Salto Morato, que fica localizada na área de proteção ambiental de Guaraqueçaba, um dos maiores remanescentes de Mata Atlântica. A arquitetura geral do ninho é muito similar a que é encontrada para outras espécies de *Liris*, assim como o tempo de desenvolvimento. Características distintas das que geralmente são encontradas para o grupo de vespas que nidificam em ninhos armadilhas, são a estrutura do casulo e a ausência de inimigos naturais. Este foi o primeiro passo para o conhecimento deste grupo, o qual nada se sabe sobre a biologia das espécies brasileiras.

Palavras-chave: Vespa solitária, Brasil, Mata Atlântica, biologia de nidificação.

Camila Cristina Ferreira da Costa, e Maria Luisa Tunes Buschini. Nesting biology of *Liris* sp. (Hymenoptera: Crabronidae) in trap-nests in southern Brazil. The wasps genus *Liris* Fabricius, 1804 nesting pre-existing burrows in the ground and wood. In the world, data on the collections of *Liris* with trap-nests are rare. For Atlantic Forest this was the first record, even if the fifth largest genus of Crabronidae in the Neotropics. In parallel, the information on the nesting biology of the *Liris* wasps in the world is restricted to a few field observations and for Brazilian the data is absent. The *Liris* sp nests were captured by using trap nests for eight months in Reserva Natural do Salto Morato, which is located in the environmental protection area of Guaraqueçaba, one of the largest fragment of Atlantic Forest. The nesting architecture and development time described for *Liris* sp are not much different from what has been observed for other species in this genus. Features different from those usually found for the group nest wasps nests in traps are cocoon structure and the absence of natural enemies. This was the first step in the knowledge of this group, which nothing is known about the biology of the Brazilian species.

Keywords: solitary wasp, Brazil, Atlantic Forest, nesting biology.

1. INTRODUÇÃO

Vespas solitárias da família Crabronidae, com poucas exceções, são caçadoras de uma grande variedade de insetos e aranhas. Estas vespas nidificam em locais como solo ou cavidades preexistentes em madeira, usando barro e materiais vegetais para construção dos ninhos (Bohart e Menke 1976). Na região Neotropical são listadas 1.640 espécies, sendo destas 545 registradas para o Brasil (Amarante 2002).

O gênero *Liris* Fabricius, 1804 possui cerca de 260 espécies distribuídas pelo mundo, concentrando uma maior riqueza de espécies nos trópicos (Bohart e Menke 1976; Krombein e Gingras 1984). É o quinto maior gênero em número de espécies dentro da família Crabronidae na região Neotropical (Morato et al. 2008), sendo listadas 75 espécies. Destas 21 estão presentes no Brasil (Menke e Fernández 1996; Amarante 2002).

Os ninhos das espécies de *Liris* são predominantemente construídos no solo (escavados ou em cavidades preexistentes), embora às vezes possam ser fundados na madeira. Tanto o fechamento do ninho, quanto as divisões celulares são feitas com uma variedade de materiais, tais como areia, pequenas pedras, lascas de madeira e outros materiais de origem vegetal. As células de cria são aprovisionadas com ninfas e adultos da família Grillydae (Steiner 1968; Bohart e Menke 1976; Krombein e Gingras 1984). As variações na arquitetura do ninho dentro deste grupo são em relação ao diâmetro, comprimento, posicionamento angular do ninho em relação ao solo e quantidade de células que eles apresentam (Steiner 1968; Bohart e Menke 1976; Kurczewski 1976; Krombein e Gingras 1984).

Difícilmente são coletadas espécies de *Liris* através de ninhos-armadilha. Dos estudos que vem sendo realizados no Brasil, apenas os de Morato (2004) e Nascimento (2013) registraram ninhos fundados por vespas deste gênero. Porém muitos estudos realizados com ninhos-armadilha no Brasil ainda ficam restritos a áreas abertas e fragmentos de mata em estágios de sucessão inicial (Aguiar e Martins 2002; Loyola e Martins 2006; Matos et al. 2013; Nascimento e Garófalo 2014), podendo desfavorecer a coleta de algumas espécies. Segundo Marco Jr e Vianna (2005) o Brasil não conhece

devidamente sua fauna de invertebrados, principalmente insetos, pois não há uma distribuição igual de coletas. Muitas coletas ficam restritas as proximidades das universidades, e há a concentração de coletas apenas em algumas regiões brasileiras. Morato et al. (2008) aponta que dentro da família Crabronidae, os gêneros mais desconhecidos na região Neotropical são *Trypoxylon* Latreille, 1796 e *Liris*, gêneros especialmente difíceis de identificar até nível de espécie.

Em relação aos estudos de biologia de nidificação de *Liris*, há um déficit mundial. Estudos para espécies brasileiras são inexistentes e o conhecimento para o restante do mundo está restrito a notas de poucas observações. Visto que não há nenhuma informação sobre biologia das espécies brasileiras, este trabalho tem como objetivo descrever aspectos da biologia de nidificação de uma espécie do gênero *Liris* coletada em remanescentes de Mata Atlântica, no sul do Brasil.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Descrita no capítulo I desta dissertação.

2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL

Descrito no capítulo I desta dissertação. Porém neste capítulo foi utilizado os dados de temperatura coletados pela estação meteorológica da Reserva Natural Salto Morato.

2.3 DESCRIÇÃO E MEDIDAS DAS ESTRUTURAS DOS NINHOS, CASULOS E ADULTO.

Após a coleta, os ninhos eram levados para análise. Era feita a descrição, fotografia com escala da arquitetura interna e medida dos casulos.

Foram consideradas células de crias as que possuíam presas e/ou larvas ou casulos, células intercalares as vazias entre as células de cria e células vestibulares as células vazias posicionadas junto ao fechamento do ninho.

Após a emergência dos adultos com auxílio de um paquímetro universal eram tomadas algumas medidas, tais como: Tamanho total do ninho; espessura dos fechamentos; número de células de cria e tamanho das células de cria. O volume das células e casulos foi calculado pela fórmula do volume do cilindro ($V = \pi \cdot r^2 \cdot h$). Quando alguma estrutura era danificada com a emergência as medidas eram tomadas pelas fotos, a partir do programa GIMP 2 versão 2.8.14 (The GIMP Development Team 2014).

Os adultos foram medidos em esteromicroscópio com micrometro. A largura máxima da cabeça é equivalente à maior distância entre as superfícies dos olhos compostos em vista frontal.

2.4 ANÁLISE DE DADOS

Primeiramente foram testados os pressupostos de normalidade e homogeneidade dos dados (volume das células e casulos) através de análises gráficas e o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Dados de volume de casulos não apresentaram distribuição normal, por tal motivo foram logaritmizados. Posteriormente os dados de volume das células e casulos foram avaliados pelo teste t. Aqueles provenientes das armadilhas com 1,0 cm de diâmetro não foram utilizados nos testes, pois não houve a formação de casulos e houve a fundação de apenas uma célula.

3. RESULTADOS

3.1 SAZONALIDADE E HABITATS DE NIDIFICAÇÃO

Foram coletados 11 ninhos de *Liris* sp., cinco em área de mata primária e seis em área de sucessão inicial (Fig.1). Os ninhos foram coletados nos meses de fevereiro e março (Fig.2).

3.2 ARQUITETURA DOS NINHOS

Liris sp nidificou em armadilhas com diâmetros de 0,5 (54,6%); 0,7 (36,4%) e 1,0 (9%) cm. Os ninhos apresentaram arquitetura similar independentemente do diâmetro da armadilha. A maioria deles foi unicelular (exceção de apenas dois ninhos com duas células). Nenhum deles apresentou células intercalar e vestibular. O volume das células de cria não variou significativamente nos diferentes diâmetros ($p=0,15$) (Tabela 1).

Os fechamentos dos ninhos e as divisões celulares são construídos por uma variedade de materiais vegetais, tais como lascas de madeira mastigadas, pequenos gravetos, folhas, sementes, frutos secos e areia. A porção posterior das células de cria é forrada com uma mistura de serragem muito fina e areia (Fig.3).

As células foram provisionadas com ninfas de ortópteros da subordem Ensifera, variando de 2- 4 presas por célula. Os ovos foram inseridos na porção ventral do tórax, entre as coxas médias e posteriores.

3.3 TEMPO DE DESENVOLVIMENTO E RAZÃO SEXUAL

Houve emergência de quatro fêmeas e de nenhum macho, impossibilitando o cálculo da razão sexual. Destas fêmeas, três emergiram dos ninhos com 0,5 cm de diâmetro e uma naqueles com 0,7 cm (Fig.4). Não pode ser realizado teste para avaliar a diferença do tamanho das fêmeas de diferentes diâmetros, no entanto o tamanho da largura da cabeça e distância intertegular da fêmea da armadilha com diâmetro 0,7 cm é similar com as do diâmetro 0,5 cm.

O intervalo mínimo e máximo entre as coletas e emergência foi de 36-43 dias. Não houve diapausa em pré-pupa.

3.4 ESTRUTURA DO CASULO

Os casulos são cilíndricos, de cor marrom clara, opacos, resistentes e com pequenos grânulos de areia incrustados nas paredes interna e externa (Fig.5). Foi observado que na construção do casulo a larva utilizava os materiais dispostos na parede posterior da célula (areia e serragem). O volume dos casulos dos diferentes diâmetros não variou significativamente segundo o teste t ($p=0,90$) (Tabela 1).

3.5 MORTALIDADE E INIMIGOS NATURAIS

Das 13 células de cria construídas nove jovens morreram (69,2%). A causa destas mortes foram desconhecidas, seis (46,1%) em fase de ovo e três (23%) em fase de pupa. Nenhuma célula foi atacada por inimigos naturais.

4. DISCUSSÃO

Observou-se neste estudo que a atividade de nidificação de *Liris* sp. ocorreu no final do verão (acima de 22°C). Em geral, vespas de regiões com estações bem definidas, nidificam nos meses mais quentes, passando os outros meses em diapausa (juvenis ou adultos). Por tal motivo, existe também uma variação nos meses ou na duração da atividade de nidificação entre vespas da mesma espécie, dependendo da região onde estão estabelecidas (Ribeiro e Garófalo 2010; Buschini e Buss 2010; Buschini e Buss 2014). *Liris nigra* Fabricius, 1775 é a única espécie deste gênero que possui descrito o período de atividade de nidificação. Esta espécie nidifica entre maio e agosto (primavera e verão), tendo seu pico em junho-julho, no sul da França (Steiner 1968).

A escolha do diâmetro da cavidade onde as vespas irão nidificar parece ser determinada não apenas pelo tamanho dos seus corpos (Krombein 1967), como também, pela disponibilidade deste recurso no ambiente (Coville 1982). O fato de *Liris* sp. ter nidificado nas armadilhas com menores diâmetros não

significa que estes sejam os diâmetros por ela utilizados no ambiente. Um resultado interessante que exemplifica bem esta situação foi encontrado por Buschini e Wolff (2006) estudando a biologia de nidificação de *Trypoxylon opacum* Brèthes, 1913. Quando foram instaladas somente armadilhas com 1,0 cm de diâmetro grande parte delas foi utilizada por esta vespa. A partir do momento que armadilhas com 0,5 e 0,7 foram instaladas, não houve mais nidificação naquelas com 1,0 cm. Em cavidades naturais no solo foram relatados casos de *Liris muesebecki* Krombein, 1954 em cavidades de 1,0 cm (Kurczewski 1976) *Liris argentatus* Palisot de Beauvois, 1811 utilizando locais com diâmetro com “0,9 cm (Rau e Rau 1918) e com 0,7 cm (O’Brein e Kurczewski 1982 apud Krombein e Gingras 1984). As fêmeas destas espécies possuem tamanho do corpo similar com *Liris* sp. (Krombein e Gingras 1984).

A razão sexual não pode ser calculada por terem emergido apenas fêmeas. Pouco se sabe sobre a razão sexual das espécies da tribo Larrini (Bohart e Menke 1976). De qualquer maneira esta informação precisa ser analisada com cautela uma vez que o diâmetro das cavidades dos ninhos-armadilha podem influenciar a decisão da fêmea na postura de ovos que originarão fêmeas e machos (O’Neill 2001), principalmente em espécies cujas fêmeas são maiores que os machos, como no gênero *Liris* (Krombein e Gingras 1984).

Uma questão interessante e que precisa de mais investigações é em relação aos locais onde seriam produzidos os machos. Segundo o modelo *split sex ratio* proposto por Grafen (1986), os machos podem ter sido criados em orifícios menores que aqueles das armadilhas deste trabalho, ao passo que dos ninhos-armadilha com 0,5 cm de diâmetro emergiram apenas fêmeas. Os machos são provenientes de células de cria com menor volume e menor recurso alimentar, portanto requerem um maior ninho (Polidori et al. 2011). Buschini (2007) em um estudo com *Trypoxylon lactitarse* Saussure, 1867 encontrou diferença na razão sexual dependente do diâmetro do ninho. Em armadilhas de 1,0 cm e 1,3 cm a razão sexual era diferente da proporção 1:1, sendo as fêmeas mais abundantes, uma vez que nas armadilhas de 0,7 cm o número de machos era muito maior, chegando a um dos anos de estudo a ter 19 machos: 1 fêmea.

Para as espécies de vespas que entram em diapausa, embora seja comum isto ocorrer na fase de pré-pupa, existem algumas exceções, ou seja, de passar pela a diapausa em fase adulta (Buschini et al. 2007). Para as espécies de *Liris* parece comum entrar em diapausa na fase adulta, pois Krombein e Gingras (1984) já haviam relatado que fêmeas adultas de *L. argentatus* passam o inverno em diapausa dentro de cavidades no solo em Nova York e Pensilvânia. Segundo Steiner (1968) os adultos de *L. nigra* no sul da França, emergem até o começo do outono e também passam o inverno em diapausa. Porém não pode ser descartado o fato destas vespas terem sido criadas em um local com temperatura e luminosidade controlada, fatores que podem interferir na diapausa.

Os materiais usados por *Liris* sp para confecção de seus casulos é comum ao que vem sendo relatado em outros estudos, principalmente o uso de outros materiais, além de seda, deixando-os mais resistente e reduzindo o parasitismo (O'Neill 2001 apud Evans 1966). Freeman (1918) observou a dificuldade de uma fêmea de *Melittobia* penetrar em um casulo de *Trypoxylon palliditarse* Saussure, 1867, uma espécie que utiliza barro na confecção do casulo (O'Neill 2001). Os casulos de *Liris* sp são bem resistentes o que poderia explicar a ausência de parasitismo nos ninhos coletados, mesmo estes não apresentando estruturas consideradas como estratégias para reduzir as taxas de parasitismo, por exemplo células vestibular e intercalar, fechamentos fortes feito de barro misturado a outros materiais (Krombein 1967; O'Neill 2001). Nos trabalhos feitos sobre as espécies de *Liris*, não foram registradas a presença de inimigos naturais, mesmo nos ninhos de *L. argentatus* que é uma espécie abundante na América do Norte (Krombein e Gingras 1984).

Conclui-se que *Liris* sp possui período de nidificação, arquitetura do ninho e tipo de desenvolvimento similares aos que são encontrados para outras espécies do gênero. Todavia, o conhecimento existente sobre este gênero é reduzido e fragmentado. Mais trabalhos deveriam ser realizados para estudo grupo no mundo, incluindo dados de razão sexual, mortalidade e inimigos naturais que são conhecimentos nulos.

REFERÊNCIAS

- Aguiar AJC, Martins CF (2002) Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). *Rev Bras Zool* 19:101–116.
- Amarante STP (2002) A synonymic catalogue for the species of Neotropical Crabronidae and Sphecidae (Hymenoptera - Apoidea). *Arq Zool São Paulo* 37:1–139. doi: 00667870
- Bohart RM, Menke AS (1976) Sphecid wasps of the world: a generic revision, 1^a ed. 695.
- Buschini M, Buss C (2014) Nesting Biology of *Podium angustifrons* Kohl (Hymenoptera, Sphecidae) in an Araucaria Forest Fragment. *Braz J Biol* 74:493–500. doi: 10.1590/1519-6984.19112
- Buschini MLT (2007) Life-history and sex allocation in *Trypoxylon* (syn. *Trypargilum*) *lactitarse* (Hymenoptera; Crabronidae). *J Zool Syst Evol Res* 45:206–213. doi: 10.1111/j.1439-0469.2006.00405.x
- Buschini MLT, Buss CE (2010) Biologic aspects of different species of *Pachodynerus* (Hymenoptera; Vespidae; Eumeninae). *Braz J Biol* 70:623–9.
- Buschini MLT, Luz V, Basilio S (2007) Comparative aspects of the biology of five *Auplopus* species (Hymenoptera; Pompilidae; Pepsinae) from Brazil. *J Zool Syst Evol Res* 45:329–335. doi: 10.1111/j.1439-0469.2007.00407.x
- Buschini MLT, Wolff LL (2006) Notes on the biology of *Trypoxylon* (*Trypargilum*) *opacum* Brèthes (Hymenoptera; Crabronidae) in Southern Brazil. *Brazilian J Biol* 66:907–917.
- Coville RE (1982) Wasps of the genus *Trypoxylon* subgenus *Trypargilum* in North America, 1st ed. Berkeley Univ Calif 147.
- Grafen A (1986) Split sex ratios and the evolutionary origins of eusociality. *J Theor Biol* 122:95–121. doi: 0022-5193/86/170095 + 27 \$03.00/0
- Krombein K (1967) Trap-nesting wasps and bees. Life-histories, nests and associates. 570.
- Krombein K V., Gingras SS (1984) Revision of North American *Liris* Fabricius (Hymenoptera: Sphecoidea: Larridae). *Smithson Contrib to Zool* 1–96. doi: 10.5479/si.00810282.404

- Kurczewski FE (1976) Behavioral Observations on Some Tachytini and Larrini (Hymenoptera: Sphecidae) behavioral observations on some Tachytini and Larrini. *J Kansas Entomol* 49:327–332.
- Loyola RD, Martins RP (2006) Trap-nest occupation by solitary wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) in a forest urban remnant. *Neotrop Entomol* 35:41–8.
- Marco Jr P de, Vianna DM (2005) Distribuição do esforço de coleta de Odonata no Brasil – subsídios para escolha de áreas prioritárias para levantamentos faunísticos. *Lundiana* 6:13–26.
- Matos MCB, Sousa-Souto L, Almeida RS, Teodoro A V. (2013) Contrasting Patterns of Species Richness and Composition of Solitary Wasps and Bees (Insecta: Hymenoptera) According to Land-use. *Biotropica* 45:73–79. doi: 10.1111/j.1744-7429.2012.00886.x
- Menke AS, Fernández C (1996) Claves ilustradas para las subfamilias, tribus y generos de esfecidos neotropicales (Apoidea: Sphecidae). *Rev Biol Trop* 44:1–68.
- Morato EF (2004) Efeitos da sucessão florestal sobre a nidificação de vespas e abelhas solitárias. 289.
- Morato EF, Amarante ST, Silveira OT (2008) Avaliação ecológica rápida da fauna de vespas (Hymenoptera : Aculeata) do Parque Nacional da Serra do Divisor , Acre , Brasil. *Acta Amaz* 38:789–798.
- Nascimento ALO, Garófalo CA (2014) Trap-nesting solitary wasps (Hymenoptera: Aculeata) in an insular landscape: Mortality rates for immature wasps, parasitism, and sex ratios. *Sociobiology* 61:207–217. doi: 10.13102/sociobiology.v61i2.207-217
- Nascimento L de OLS (2013) Vespas solitárias em agroecossistema de café consorciado com milho. 49.
- O'Neill K (2001) *Solitary Wasps: Behavior and Natural History*. 406.
- Polidori C, Boesi R, Borsato W (2011) Few, small, and male: multiple effects of reduced nest space on the offspring of the solitary wasp, *Euodynerus* (*Pareuodynerus*) *posticus* (Hymenoptera: Vespidae). *C R Biol* 334:50–60. doi: 10.1016/j.crv.2010.11.003
- Rau P, Rau N (1918) *Wasp Studies Afield*. 1198.
- Ribeiro F, Garófalo C a (2010) Nesting behavior of *Podium denticulatum* Smith (Hymenoptera: Sphecidae). *Neotrop Entomol* 39:885–91.

Steiner AL (1968) Behavioral interactions between *Liris nigra* Van der Linden (Hymenoptera: Sphecidae) and *Gryllulus domesticus* L. (Orthoptera: Gryllidae). *Psyche* (Stuttg) 75:256–273.

The GIMP Development Team (2014) GIMP 2.

TABELAS

Tabela 1. Estrutura dos ninhos, casulos e adultos de *Liris* sp. em ninhos-armadilha dos diâmetros de 0,5; 0,7 e 1,0 cm. Tamanhos em cm (centímetros); cm³ (centímetros cúbicos); n (número total). \bar{x} = média; \pm desvio padrão; (número ninhos/células mensurados).

Estrutura do ninho, casulos e adultos	Diâmetro		
	0,5 cm	0,7 cm	1,0 cm
Tamanho total do ninho (cm)	$\bar{x} = 7,95 \pm 0,36$ (6)	$\bar{x} = 8,61 \pm 0,64$ (4)	8,20 (1)
Número médio de células de cria (n)	$\bar{x} = 1,17 \pm 0,41$ (6)	$\bar{x} = 1,25 \pm 0,50$ (4)	1,00 (1)
Volume das células de cria (cm ³)	$\bar{x} = 0,59 \pm 0,26$ (7)	$\bar{x} = 0,77 \pm 0,15$ (5)	2,11 (1)
Tamanho dos fechamentos (cm)	$\bar{x} = 4,06 \pm 0,86$ (6)	$\bar{x} = 5,91 \pm 1,21$ (5)	6,21 (1)
Número de presas por célula de cria (n)	$\bar{x} = 3,00 \pm 0,00$ (6)	$\bar{x} = 2,34 \pm 0,58$ (3)	4,00 (1)
Volume dos casulos (cm ³)	$\bar{x} = 3,33 \pm 0,83$ (5)	$\bar{x} = 0,21 \pm 0,18$ (5)	*****
Largura máxima da cabeça dos adultos (cm)	$\bar{x} = 0,15 \pm 0,03$ (3)	$\bar{x} = 0,16$ (1)	*****

FIGURAS

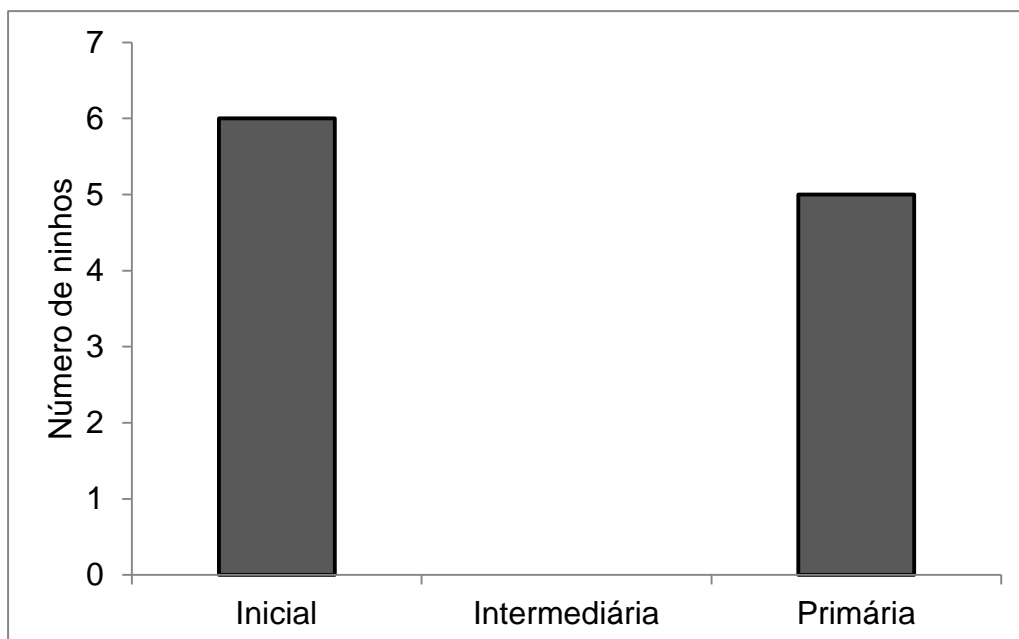


Fig.1. Número de ninhos de *Liris* sp construídos nos diferentes habitats da Reserva Natural Salto Morato: Inicial (área de sucessão inicial); Intermediária (área de sucessão intermediária); Primária (mata primária).

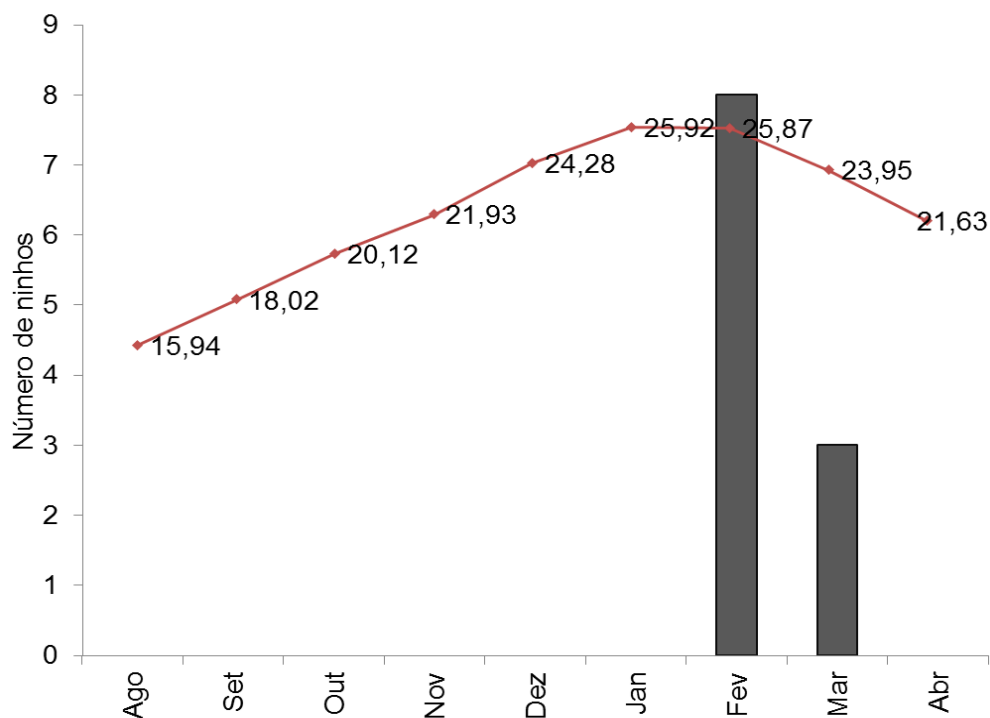


Fig.2. Número mensal de ninhos de *Liris* sp. fundados na Reserva Natural Salto Morato e temperatura média mensal em graus Celsius (°C).



Fig.3. Ninho unicelular de *Liris* sp. fundado em ninho-armadilha de 0,7 cm de diâmetro: 1) Casulo; 2) Célula de cria e 3) Fechamento do ninho. Escala de 1 cm.



Fig.4. Fêmea adulta de *Liris* sp. em vista lateral. Escala de 2 mm.

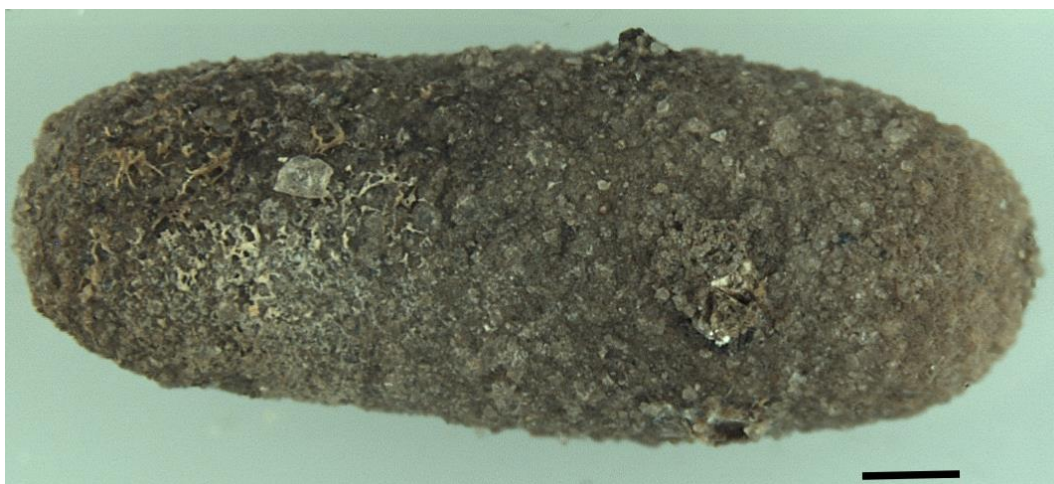


Fig.5. Casulo de fêmea de *Liris* sp. de ninho-armadilha de 0,7 cm de diâmetro. Escala 1 mm.

CAPÍTULO III

BIOLOGIA DE NIDIFICAÇÃO de *Auplopus tarsatus* SMITH (HYMENOPTERA: POMPILIDAE) EM UMA ÁREA DE MATA ATLÂNTICA DO LITORAL PARANAENSE

*Artigo parcialmente editado no formato da revista Zoological Studies

Camila Cristina Ferreira da Costa, e Maria Luisa Tunes Buschini. Biologia de nidificação de *Auplopus tarsatus* Smith, 1873 (Hymenoptera: Pompilidae) em área de Mata Atlântica no sul do Brasil. O gênero *Auplopus* é muito rico em espécies e está distribuído no mundo todo. Dentro deste gênero existem variações no comportamento de nidificação, tais como local da fundação dos ninhos, ornamentação das células e presença ou não de cuidado cooperativo da prole. As informações de biologia do gênero *Auplopus* ainda são raras, sendo que a maioria dos estudos é baseada em poucas observações de campo. O objetivo deste estudo foi investigar a biologia de nidificação de *A. tarsatus*. Ele foi realizado no Reserva Natural Salto Morato, no Município de Guaraqueçaba, litoral paranaense, sul do Brasil. Os ninhos de *A. tarsatus* foram obtidos utilizando-se ninhos-armadilha durante oito meses. Foram coletados nove ninhos, apenas nos meses mais quentes (dezembro e janeiro). Os ninhos apresentam arquitetura distinta entre armadilhas de diâmetro 1,3 cm e aquelas de 1,0 e 0,7 cm. As células dos ninhos são construídas com barro de diferentes cores e possuem formato de barril/cilindro. Os ninhos não apresentam célula intercalar e vestibular e as células de cria variam de uma a seis. A dipausa não ocorreu em fase de pré-pupa e a espécie possui duas gerações. Seus inimigos naturais foram *Photocryptus* sp (Hymenoptera:Ichneumonidae) e Eulophidae sp (Hymenoptera). Embora existam semelhanças entre os ninhos de *A. tarsatus* com as espécies do mesmo gênero, muitas características são distintas entre as espécies deste grupo.

Palavras-chave: Ninhos-armadilha, vespa solitária, arquitetura do ninho, inimigos naturais.

Camila Cristina Ferreira da Costa, e Maria Luisa Tunes Buschini. Nesting biology of *Auplopus tarsatus* Smith, 1873 (Hymenoptera: Pompilidae) in area of Atlantic Forest in southern Brazil. The *Auplopus* genus is very rich in species and is worldwide distributed. Within this genus there are variations in nesting behavior, such as location of the foundation of the nests, ornamentation of cells and presence of cooperative care of offspring. Information on the biology of the *Auplopus* is rare, because many studies are restricted to a few field observations. The aim of this study was to investigate the nesting biology of *A. tarsatus*. It was held at the Reserva Natural Salto Morato, in the municipality of Guaraqueçaba, coast of Paraná, southern Brazil. The *A. tarsatus* nests were captured by using trap nests for eight months. We collected nine nests only in the warmer months (December and January). Nests feature distinctive architecture between 1.3 cm diameter traps and those of 1.0 and 0.7 cm. The cells of the nests are built with mud of different colors and have barrel-shaped or cylinder-shaped. The nests have not intercalary and vestibular cell and provisioned cells vary from one to six. Only adults overwinter and the species has two generations. Natural enemies are *Photocryptus* sp (Hymenoptera: Ichneumonidae) and Eulophidae sp (Hymenoptera). Although there are many similarities between the nests of *A. tarsatus* with the species of the same genus, there are also many different between species of this group.

Keywords: Trap-nests, solitary wasp, nest architecture, natural enemies.

1. INTRODUÇÃO

A família Pompilidae compreende cerca de 4.200 espécies e 120 gêneros. Está distribuída em todo o mundo sendo encontrada nos mais diversos habitats (Santos et al. 2004). Na região neotropical existem quatro subfamílias, por volta de 60 gêneros e 1.000 espécies (Goulet e Huber 1993). Esta família é reconhecida facilmente por seu corpo robusto com pernas espinhosas, muitas vezes com cores metálicas e também por seu comportamento de voos curtos, agitação das antenas e captura de aranhas (Evans and Shimizu 1996; Fernández 2000).

Auplopus Spinola é um gênero com muitas espécies e com ampla distribuição geográfica (Evans and Shimizu 1996) sendo reconhecidas 103 espécies para a região Neotropical (Fernández 2000). A maioria das espécies deste gênero constrói ninhos multicelulares, com células de barro, em forma de barril ou cilindro, aprovionada com uma única aranha com algumas ou todas as pernas amputadas (Krombein 1967; Evans and Shimizu 1996; Buschini et al. 2007). Mesmo o gênero *Auplopus* apresentando muitas características em comum no comportamento de nidificação, existem muitas diferenças entre as espécies deste grupo, como o local de nidificação (cavidades preexistentes no solo ou na madeira, embaixo de pedras ou cascas de árvores ou até em lugares exposto em galhos de árvores ou bambu); ornamentação das células e à presença ou não de cuidado cooperativo da prole (Wcislo et al. 1988; Evans and Shimizu 1996; Buschini et al. 2007).

O ultimo trabalho sobre a sistemática de *Auplopus* Neotropicais foi realizada por Dreisbach (1963) e está desatualizado. Além disto, das 20 espécies registradas no Brasil, poucas são aquelas que se conhece ambos os sexos e pouco se sabe sobre as suas biologias (Fernández 2000). Pode-se citar três trabalhos realizados no Brasil, que trazem informações mais detalhadas sobre a biologia de algumas espécies de *Auplopus*, como o realizado por Zanette e colaboradores (2004) abordando a biologia de *Auplopus militaris* Lynch-Arribalzaga; Gonzaga e Vasconellos-Neto (2006) sobre a biologia de *Auplopus argutus* Dreisbach, com enfoque nas presas coletadas e Buschini et al.(2007) fez um comparativo entre cinco espécies de

Auplopus. Porém a ausência de estudos não está restrita apenas a este gênero, mas para parte Hymenoptera na Mata Atlântica (Gonçalves and Brandão 2008).

A Mata Atlântica brasileira é um dos biomas mais diversos do mundo e com alto grau de endemismo, o que faz com que seja incluída na lista dos 35 *Hot Spots* de biodiversidade do planeta. Atualmente é um dos biomas mais ameaçados do mundo (Myers et al. 2000; Conservation International 2014), pois sua cobertura original foi reduzida para menos de 7,5%, restando poucos remanescentes de florestas primárias (Myers et al. 2000). Um destes remanescentes está localizado na Reserva Natural Salto Morato, onde foi realizado este estudo. Esta reserva fica dentro de uma área de importância biológica para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica (PMPMA 2001; FGBPN 2011).

Em uma perspectiva de conservação, os estudos relacionados à biologia de nidificação das espécies de animais de um bioma vêm assumindo uma importância muito grande, pois têm permitido não só o conhecimento bionômico das espécies estudadas como também do papel que elas desempenham nas comunidades em que estão inseridas. Desta forma, o conhecimento adquirido neste estudo trará informações necessárias para auxiliar a conservação da Mata Atlântica, visto que sabe-se muito pouco sobre a biologia das suas espécies, principalmente dos insetos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Descrita no capítulo I desta dissertação.

2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL

Descrito nos capítulos I e II desta dissertação.

2.3 DESCRIÇÃO E MEDIDAS DAS ESTRUTURAS DOS NINHOS E ADULTOS.

Descrita no capítulo II desta dissertação. Porém, dos ninhos foram tiradas apenas as seguintes medidas: Tamanho total do ninho; número médio de células de cria e volume das células de cria. O volume das células de cria, além de utilizar o cálculo do volume do cilindro como descrito no capítulo II, foi também utilizado o cálculo para volume do barril ($V = (\pi/12).h.(2.D^2+d^2)$), para as células que apresentavam este formato.

2.4 ANÁLISE DE DADOS

Foi utilizado o teste t para analisar características da arquitetura do ninho e tamanho de machos e fêmeas, visto que todos os dados estavam dentro dos pressupostos de normalidade e homogeneidade segundo teste de Shapiro-Wilk. A razão sexual foi medida pela razão de machos e fêmeas emergidos de todos os ninhos e comparada à proporção 1:1 pelo teste do qui-quadrado.

O coeficiente de Correlação de Pearson foi utilizado para quantificar a força de associação entre o tamanho da célula com o tamanho dos adultos de machos e fêmeas. Todos os testes foram realizados no software R versão 2.13.3 (R Development Core Team 2013).

3. RESULTADOS

3.1 SAZONALIDADE E HABITATS DE NIDIFICAÇÃO

Foram coletados nove ninhos de *Aupoplus tarsatus* Smith, 1873, sendo cinco deles fundados em área de mata primária, dois em área de estágio de sucessão intermediária e dois em áreas de sucessão inicial.

Estas vespas nidificaram em dezembro e janeiro, sendo janeiro o mês mais quente (Fig.1).

3.2 ARQUITETURA DO NINHO

As células foram construídas com barro de cor marrom-acastanhado, marrom-acinzentado ou marrom-avermelhado, dependendo da área onde os ninhos foram fundados. O formato delas é cilíndrico ou de barril e suas paredes são finas e delicadas. A parede externa apresenta uma textura rugosa e a interna lisa. Não foi observada célula vestibular ou intercalar.

Estas vespas nidificaram nos ninhos-armadilha de todos os diâmetros, com exceção daqueles com 0,5 cm. O mais utilizado foi o 1,3 cm (55,6% das nidificações), seguido de 1,0 cm de diâmetro (33,3% das nidificações) e daqueles com 0,7 cm (11,1% das nidificações) (Tabela 1). Os ninhos fundados nas armadilhas com 1,3 cm de diâmetro possuíam células com formato de barril distribuídas linearmente e fundidas umas com às outras, mas com separações celulares internas. A última célula do ninho tem um leve achatamento na porção final, lembrando uma tampa. Esta “tampa” possui as bordas expandidas e é fixada nas paredes do ninho-armadilha (Fig. 2A). Os ninhos fundados nos diâmetros 1,0 e 0,7 cm possuem arquitetura distinta da descrita acima. Suas células são cilíndricas e mais longas, as vezes dispostas paralelamente. Nenhuma delas é fixada aos ninhos (Fig. 2B).

Não houve diferença significativa entre os volumes das células dos ninhos fundados em armadilhas com diâmetros diferentes ($p=0,60$) (Tabela 1).

3.3 TEMPO DE DESENVOLVIMENTO, RAZÃO SEXUAL E TAMANHO DOS ADULTOS

Houve emergência de cinco fêmeas e três machos, a razão sexual foi de 1,7 fêmeas: 1 macho, mas não foi significativamente diferente da proporção 1:1. A diferença da largura máxima da cabeça entre machos e fêmeas não variou significativamente ($p= 0,3618$) (Tabela 1). Também não houve correlação entre tamanho da cabeça e a célula de cria ($p= 0,4925$).

Não foi determinado o tempo de duração entre oviposição e emergências dos adultos, no entanto o intervalo médio entre as coletas e emergência foi de 20 dias. Não houve registro de diapausa em fase de pré-pupa.

3.4 MORTALIDADE E INIMIGOS NATURAIS

De 19 células provisionadas, houve mortalidade em 11 delas (57,8%) sendo que em seis foram por morte desconhecida (31,6%), uma foi atacada por fungos (5,2%) e três por parasitoides (15,7%). *Eulophidae* sp. (Hymenoptera) parasitou duas células (10,5%) e *Photocryptus* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae) uma célula (5,2%). Um adulto não conseguiu quebrar o fechamento do ninho morrendo lá dentro (5,2%).

4. DISCUSSÃO

De maneira geral, a arquitetura do ninho de *A. tarsatus*, o material usado para construção e o provisionamento, não se diferenciaram muito do que é encontrado para outras espécies do gênero (Krombein 1967; Zanette et al. 2004; Buschini et al. 2007). No entanto, diferenças na coloração dos ninhos de uma mesma espécie podem ocorrer, conforme observado neste estudo e naquele realizado por Zanette et al. (2004) com *A. militaris*. Estes autores também encontraram diferença na textura das células, o que relacionou com os diferentes tipos de barro coletados por esta espécie. Já no estudo realizado por Buschini et al. (2007) com cinco espécies de *Auplopus*, a variação de cor foi encontrada apenas entre os ninhos de espécies diferentes. Os ninhos com coloração distinta foram provenientes de áreas distantes entre si. A RNSM possui quatro tipos de solos, variando das cores de marrom escuro até cinza esbranquiçado (FGBPN 2011). Segundo Evans e Shimizu (1996) a distância percorrida para a coleta de recursos em *Auplopus* é relativamente curta, portanto a presença desta espécie em áreas com solos diferentes deve ter causado a diferença de coloração nas células.

Também podem ocorrer diferenças na arquitetura do ninho dependendo do diâmetro da cavidade utilizada, como foi observado neste trabalho e na espécie *Auplopus* sp1 no estudo feito por Buschini et al. (2007). Além das características de formato celular, foi observado que o comprimento das células de *A. tarsatus* são inversamente proporcionais ao diâmetro da cavidade (quanto menor o diâmetro, mais longa a célula). Este padrão também já foi descrito para a espécie de vespa social *Stenogaster concinna* Van der Vecht, que possui dois tipos de ninhos, um com células longas e estreitas e outros com células curtas e largas (Spradbery 1975; Turillazzi 2012). Vespas que nidificam em cavidades preexistentes, sofrem com a limitação de sítios de nidificação (Coville 1982) e também com a competição intra e interespecífica (Krombein 1967). Sugere-se que esta adaptação nas células seja útil para lidar com esses fatores, já que o alongamento celular proporciona um volume significativamente igual independente do diâmetro usado.

Os ninhos coletados neste estudo não apresentavam células intercalares ou vestibulares, uma característica observada para outras espécies como: *A. militaris* (Zanette et al. 2004), *Auplopus caeruleus* Dahlbom, 1843 e *Auplopus mellipes mellipes* Say, 1836 (Krombein, 1967). Porém parece ser uma característica variável dentro do gênero, pois células intercalares e vestibulares foram observadas em outras espécies (Buschini et al. 2007). Ainda não se sabe ao certo qual seria a função das células intercalares e vestibulares. Alguns autores propõem que estas estruturas atuam na defesa do ninho contra parasitoides, predadores ou contaminantes (Krombein 1967; Staab et al. 2014). No entanto, nem todas as espécies de vespas solitárias se beneficiam com as reduções de ataque de predadores e parasitoides (Asís et al. 2007).

A razão sexual de *A. tarsatus* não foi significativamente diferente da proporção 1:1. Segundo Buschini e Bergamaschi (2014) a explicação mais aceita para proporção 1:1 é da Fisher (1930). Este modelo assume que quando machos e fêmeas são produzidos com gasto energético semelhante, a produção de ambos os sexos será proporcional. Isto possivelmente aconteceu com a espécie aqui estudada, logo que o volume das células e o tamanho dos adultos não foram significativamente diferentes entre machos e fêmeas.

Zanette et al. (2004) analisaram a razão sexual de *A. militaris* em relação às semanas, meses e anos, sendo que poucas vezes a razão sexual foi significativamente diferente de 1:1. Logo no trabalho de Buschini (2007), as espécies *Auplopus* sp3 e *Auplopus* sp5 apresentaram razão sexual de 1:1, entre as outras espécies a razão sexual variou.

A diapausa é uma importante adaptação para sobrevivência de muitas espécies insetos as mudanças sazonais (Nylin 2013). Este fenômeno pode ocorrer tanto nas fases larvais e de pupa, como em adultos (Nylin 2013). A presença de diapausa em pré-pupas no gênero *Auplopus* é variável. Em *Auplopus mellipes* Say os juvenis apresentam diapausa (Krombein 1967), já em *A. militaris* (Zanette et al. 2004) como a espécie aqui estudada apresentam diapausa nos adultos. No trabalho de Buschini et al. (2007) espécies coletadas na mesma localidade e ao mesmo tempo também apresentam variação. Mesmo a estratégia de diapausa em pré-pupa sendo a mais comum para vespas e abelhas, existem algumas exceções e às vezes pode ser variável dentro da mesma espécie (Steiner 1968; Aguiar e Garófalo 2004; Buschini e Wolff 2006; Buschini et al. 2007).

A taxa de parasitismo nos ninhos de *A. tarsatus* são altas, quando comparados aos ninhos de *Auplopus esmeraldus* Banks (19% das células parasitadas) (Kimsey 1980) e que *A. militaris* (28% das células parasitadas) (Zanette et al. 2004). A porcentagem de células parasitadas nos ninhos de *A. tarsatus* em nosso trabalho é o dobro da porcentagem das outras espécies coletadas na mesmo período e região (observações pessoais). Vários fatores são responsáveis pelas variações na taxa de parasitismo, tais como aumento da riqueza e abundância de inimigos naturais de inimigos naturais e hospedeiros (Veddeler et al. 2010), resistência do casulo (Evans 1966 apud O'Neill 2001) e diferença na arquitetura do ninho para proteção (fechamentos ou paredes fortes, células intercalares e vestibulares) (Krombein 1967; O'Neill 2001).

É importante ressaltar que Eulophidae sp não parasitou nenhuma outra espécie de vespas nesta mesma região no período de estudo. Os ninhos comunais de *Auplopus semialatus* Dreisbach, na Costa Rica foram frequentemente visitados por cleptopasitas como *Pseudogaurax trifidus* Duda,

(Diptera: Chloropidae) e *Irenangelus eberhard* Evans (Hymenoptera: Pompilidae) (Wcislo et al. 1988). *A. esmeraldus* no Panamá teve células atacadas por *Ephuta* sp (Hymenoptera: Mutillidae) e outros insetos (Kimsey 1980). Para o Brasil, na região sudoeste *A. militaris* teve células parasitadas por *Ephuta pocinga* Casal (Hymenoptera: Mutillidae), *Colpotrichia (Colpotrichia)* sp (Hymenoptera: Ichneumonidae) e *Photocryptus* sp, para região sul brasileira *Auplopus rufipes* Banks foi parasitado por *Caenochrysis armata* Mocsáry (Hymenoptera: Chrysididae), *Photocryptus* sp1 e *Photocryptus* sp2 (Nether 2014); a espécie *Auplopus subaurarius* Dreisbach por *Polysphincta* sp (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Iantas 2013). Espécies do gênero *Photocryptus* Viereck parecem estar fortemente associadas às espécies brasileiras de *Auplopus*, no entanto não há como afirmar que exista uma especialização no grupo, pois espécies de *Photocryptus* também parasitam outros gêneros de vespas e abelhas no Brasil (Iantas 2013; Nether 2014).

Conclui-se que mesmo com o conhecimento limitado das espécies de *Auplopus*, várias características deste gênero, principalmente de arquitetura, desenvolvimento e razão sexual, são muito variáveis. Além disto, parece que estas variações não se restringem apenas as espécies diferentes, mas também dentro das mesmas, como entrado na arquitetura do ninho *A. tarsatus*. Estas informações são importantes para o entendimento bionômico, e também para possível auxílio na identificação de espécies.

REFERÊNCIAS

- Aguiar CML, Garófalo CA (2004) Nesting biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini). Rev Bras Zool 21:477–486.
- Asís JD, Benítez A, Tormos J, et al. (2007) The significance of the vestibular cell in trap nesting wasps (Hymenoptera: Crabronidae): Does its presence reduce mortality? J Insect Behav 20:289–305. doi: 10.1007/s10905-007-9080-5
- Buschini M, Bergamaschi A (2014) Sex ratio and parental investment in *Trypoxylon (Trypargilum) agamemnon* Richards (Hymenoptera, Crabronidae). Braz J Biol 74:231–7.

- Buschini MLT, Luz V, Basilio S (2007) Comparative aspects of the biology of five *Auplopus* species (Hymenoptera; Pompilidae; Pepsinae) from Brazil. *J Zool Syst Evol Res* 45:329–335. doi: 10.1111/j.1439-0469.2007.00407.x
- Buschini MLT, Wolff LL (2006) Nesting biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith in Southern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Braz J Biol* 66:1091–1101.
- Conservation International (2014) Hotspots. www.conservation.org. Accessed 4 Dec 2014
- Coville RE (1982) Wasps of the genus *Trypoxylon* subgenus *Trypargilum* in North America, 1st ed. Berkeley Univ Calif 147.
- Dreisbach RR (1963) New species of spider wasps, genus *Auplopus*, from the Americas South of the United States (Hymenoptera: Psammocharidae). *Proc US Natl Museum Nat Hist* 114::137– 211.
- Evans HE, Shimizu A (1996) The evolution of nest building and communal nesting in Ageniellini (Insecta: Hymenoptera: Pompilidae). *J Nat Hist* 30:1633–1648. doi: 10.1080/00222939600770961
- Fernández FC (2000) Avispas Cazadoras de Arañas (Hymenoptera:Pompilidae) de la Región Neotropical. *Biota comlobiana* 1:3–24.
- FGBPN (2011) Plano de Manejo da Reserva Natural Salto Morato – Guaraqueçaba, PR. 222.
- Gonçalves RB, Brandão CRF (2008) Diversidade de abelhas (Hymenoptera , Apidae) ao longo de um gradiente latitudinal na Mata Atlântica. *Biota Neotropical* 8:
- Gonzaga MM, Vasconcellos-Neto J (2006) Nesting characteristics and spiders (Arachnida: Araneae) captured by *Auplopus argutus* (Hymenoptera: Pompilidae) in an area of Atlantic Forest in Southeastern Brazil. *Entomol News* 117:281–287.
- Goulet H, Huber JT (1993) Hymenoptera of the World: An identification guide to families, 1^a ed. 668.
- Iantas J (2013) Estrutura da comunidade e redes tróficas de vespas e abelhas solitárias (Hymenoptera: Aculeata) em áreas de Mata Atlântica e de cultivos. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva, Universidade Estadual do Centro-Oeste, 100 p.
- Kimsey LS (1980) Notes on the biology of some Panamanian Pompilidae, with a description of a communal nest (Hymenoptera). *Pan-Pac Entomol* 56:98–100.

- Krombein K (1967) Trap-nesting wasps and bees. Life-histories, nests and associates. 1ª ed. Smithsonian Press, Washington, EUA. 570 p.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, et al. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858.
- Nether MC (2014) Diversidade e redes de interação de vespas e abelhas que nidificam em cavidades preexistentes: Efeito da modificação de habitats. Dissertação de mestrado. Programa de Biologia Evolutiva, Universidade Estadual do Centro-Oeste. 77p.
- Nylin S (2013) Induction of diapause and seasonal morphs in butterflies and other insects: Knowns, unknowns and the challenge of integration. *Physiol Entomol* 38:96–104. doi: 10.1111/phen.12014
- O'Neill K (2001) Solitary Wasps: Behavior and Natural History. 1ª ed. Cornell University Press, Ithaca, EUA. 406 p.
- PMPMA (2001) Dossiê Mata Atlântica 2001. 270.
- R Development Core Team (2013) R.
- Santos EF, Brandão CRF, Amarante STP (2004) Riqueza de Pompilidae (Hymenoptera: Vespidae) em áreas de Mata Atlântica ao longo de um gradiente latitudinal. 513.
- Spradbery JP (1975) The biology of *Stenogaster concinna* Van Der Vecht with comments on the phylogeny of Stenogastrinae (Hymenoptera: Vespidae). *J Aust ent Soc* 14:309–318.
- Staab M, Ohl M, Zhu CD, Klein AM (2014) A unique nest-protection strategy in a new species of spider wasp. *PLoS One* 9:1–8. doi: 10.1371/journal.pone.0101592
- Steiner AL (1968) Behavioral interactions between *Liris nigra* Van der Linden (Hymenoptera: Sphecidae) and *Gryllulus domesticus* L. (Orthoptera: Gryllidae). *Psyche (Stuttg)* 75:256–273.
- Turillazzi S (2012) The biology of hover wasps. 1ª ed. Springer, Berlin, Alemanha. 272 p.
- Veddeler D, Tylianakis J, Tscharrntke T, Klein A-M (2010) Natural enemy diversity reduces temporal variability in wasp but not bee parasitism. *Oecologia* 162:755–62. doi: 10.1007/s00442-009-1491-x
- Wcislo WT, West-eberhard MJ, Eberhard WG (1988) Natural History and Behavior of a Primitively Social Wasp, *Auplopus semialatus*, and Its Parasite, *Irenangelus eberhardi* (Hymenoptera: Pompilidae). 1:247–260.

Zanette LRS, Soares L a., Pimenta HC, et al. (2004) Nesting biology and sex ratios of *Auplopus militaris* (Lynch-Arribalzaga 1873) (Hymenoptera Pompilidae)*. Trop Zool 17:145–154. doi: 10.1080/03946975.2004.10531204

TABELAS

Tabela 1. Arquitetura dos ninhos e adultos de *Auplopus tarsatus* em ninhos-armadilha com diferentes diâmetros. Os valores indicam: média \pm desvio padrão (número ninhos/células).

Arquitetura do Ninho	Diâmetro do ninho	
Comprimento total do ninho (cm)	1,3 cm	$\bar{x} = 4,20 \pm 1,80$ (n=5)
	1,0 cm	$\bar{x} = 3,40 \pm 2,68$ (n=2)
	0,7 cm	1,80 (n=1)
Número médio de células de cria (n)	1,3 cm	$\bar{x} = 3,25 \pm 1,5$ (n=5)
	1,0 cm	$\bar{x} = 2,50 \pm 2,12$ (n=2)
	0,7 cm	1 (n=1)
Volume das células de cria (cm ³)	1,3 cm	$\bar{x} = 0,91 \pm 0,32$ (n=13)
	1,0 cm	$\bar{x} = 0,69 \pm 0,16$ (n=5)
	0,7 cm	0,51 (n=1)
Volume das células de fêmeas (cm ³)	1,3 cm	$\bar{x} = 0,95 \pm 0,42$ (n=4)
	1,0 cm	0,89 (n=1)
	0,7 cm	-----
Volume das células de machos (cm ³)	1,3 cm	$\bar{x} = 0,82 \pm 0,29$ (n=4)
	1,0 cm	-----
	0,7 cm	-----
Largura máxima das cabeças das fêmeas (mm)	1,3 cm	$\bar{x} = 2,5 \pm 0,11$ (n=4)
	1,0 cm	2,2 (n=1)
	0,7 cm	-----
Largura máxima das cabeças dos machos (mm)	1,3 cm	$\bar{x} = 2,25 \pm 0,50$ (n=2)
	1,0 cm	2,00 (n=1)
	0,7 cm	-----

FIGURAS

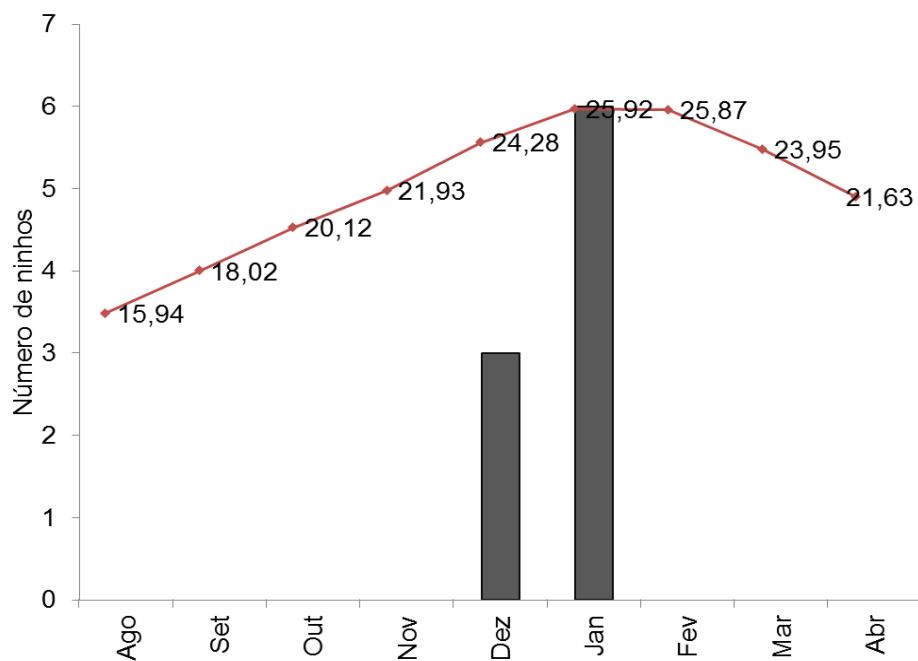


Fig. 1. Variação sazonal no número de ninhos de *Auplopus tarsatus* obtidos nos meses de agosto/2013 a abril/2014 e temperatura mensal em graus Celsius (°C).



Fig.2. Ninhos de *Auplopus tarsatus* construídos em armadilhas de diferentes diâmetros. (A) ninho-armadilha com 1,3 cm de diâmetro; (B) ninho-armadilha com 1,0 cm de diâmetro. Escala de 1 cm.

CAPÍTULO IV
BIOLOGIA DE NIDIFICAÇÃO DE *Podium* sp (HYMENOPTERA:
SPHECIDAE) EM NINHOS-ARMADILHA

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar a biologia de nidificação de *Podium* sp. que ocorre na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, sul do Brasil. Ele foi realizado de agosto de 2013 a abril de 2014. Foram coletados 88 ninhos através da metodologia de ninhos-armadilha. A atividade de nidificação ocorreu nos meses de novembro a abril. Os ninhos possuem de uma a três células de cria, dispostas linearmente e construídas com barro. O fechamento dos ninhos recebem uma camada de resina e outros materiais vegetais. A espécie apresentou duas estratégias de desenvolvimento (diapausa em juvenis e sem diapausa). Os parasitoides presentes em seus ninhos foram *Phalacrotophora appendicigera* (Diptera: Phoridae), *Perilampus* sp (Hymenoptera: Perilampidae) e *Melittobia australica* (Hymenoptera: Eulophidae). Dos ninhos de *Podium* sp. emergiram adultos de *Bradysia* sp. (Diptera: Sciaridae), porém não causaram dano ou morte as vespas emergidas das mesmas células. De maneira geral, o estudo sobre a biologia de nidificação do gênero *Podium* é reduzido. Além disto, reforçasse que o conhecimento sobre biologia de nidificação e as interações com outras espécies são importantes bases para outros estudos.

Palavras-chaves: Ninhos-armadilha, história de vida, diâmetro do ninho-armadilha, interação neutra.

Abstract

The aim of this study was to compare the nesting biology of *Podium* sp occurring in Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, southern Brazil. It was conducted from August 2013 to April 2014. A total of 88 nests were collected using trap-nests. The nesting activity occurred during the months from November to April. Nests have one to three brood cells arranged linearly and built with mud. The closing of the nests receive a layer of resin and other plant material. The species had two alternative life histories (diapause in juvenile and without diapause). The natural enemies present in their nests were *Phalacrotophora appendicigera* (Diptera: Phoridae), *Perilampus* sp. (Hymenoptera: Perilampidae) and *Melittobia australica* (Hymenoptera: Eulophidae). From nests of *Podium* sp. also emerged adults of *Bradysia* sp. (Diptera: Sciaridae), however, it don't caused damage or death as wasps emerged from the same cells. Generally, the study on the nesting biology of genus *Podium* is reduced. In addition, the data about nesting biology and interactions with other species are important bases for other studies.

Keywords: Trap-nests, life history, diameter of the trap nest, neutral interactions.

1. INTRODUÇÃO

As vespas esfécoides foram separadas no estudo de Melo (1999) em Ampulicidae, Crabronidae e Sphecidae. A família Sphecidae possui aproximadamente 18 gêneros e 735 espécies (Pulawski 2015). Estas vespas são cosmopolitas, porém são mais numerosas na África, Austrália e América do Sul (Bohart e Menke 1976). Os locais de nidificação são muito variados, assim como as presas utilizadas para alimentar suas crias (Bohart e Menke, 1976).

Um dos gêneros da família Sphecidae que ocorre nos trópicos é *Podium*, com 23 espécies distribuídas nos grupos, rufipes, agile e fumigatum (Ohl 1996; Pulawski 2015). Os ninhos são feitos em cavidades preexistentes em madeira, sendo provisionados com baratas paralisadas (Krombein 1967; Ribeiro e Garófalo 2010; Buschini e Buss 2014).

Das 17 espécies de *Podium* registradas no Brasil (Amarante 2002) as informações sobre biologia de nidificação é restrita a apenas três espécies; *Podium rufipes* Fabricius, 1804 (Krombein, 1967), *Podium denticulatum* F. Smith, 1856 (Camillo et al., 1996; Ribeiro e Garófalo 2010) e de *Podium angustifrons* Kohl, 1902. Diante disto, este trabalho teve como objetivo estudar a biologia de nidificação de *Podium* sp, investigando a arquitetura dos ninhos, história de vida e interações com outras espécies.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Descrita do capítulo I desta dissertação.

2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL

Descrita do capítulo I e II desta dissertação.

2.3 DESCRIÇÃO E MEDIDAS DAS ESTRUTURAS DOS NINHOS, CASULOS E ADULTOS.

Descrita no capítulo II desta dissertação. Porém, dos ninhos foram tiradas as seguintes medidas: Tamanho total do ninho; número médio de células de cria e vestibulares, volume das células de cria, comprimento das células vestibulares, espessura das divisões das células de cria e dos fechamentos, comprimento dos casulos.

A medida do mesossoma nos adultos foi realizada em vista lateral, da distância do início do pronoto até a porção final do propódeo.

2.3 ANÁLISE DE DADOS

Foi utilizado o teste de variância para analisar características da arquitetura do ninho, tamanho dos casulos e adultos. Para estas análises se utilizou test t para dados homogêneos e normais (volume da célula; volume do casulo; comprimento do mesossoma adultos) e Mann-Whitney os que não seguiam este pressuposto (tamanho dos fechamentos e partições celulares; largura da cabeça dos adultos). Para testar a normalidade e homogeneidade dos dados foi usado o teste de Shapiro-Wilk. A razão sexual foi medida pela razão de machos e fêmeas emergidos de todos os ninhos e testada a diferença entre a proporção 1:1 usando o teste de qui-quadrado.

O coeficiente de Correlação de Pearson foi utilizado para quantificar a força de associação entre a largura máxima da cabeça e o diâmetro do ninho. Todos os testes foram realizados no software R versão 2.13.3 (R Development Core Team 2013).

3.RESULTADOS

3.1 SAZONALIDADE E HABITATS DE NIDIFICAÇÃO

No total foram ocupados 88 ninhos-armadilha, sendo a área mais abundante a do estágio de sucessão inicial (Fig.1). A atividade de nidificação

ocorreu de novembro a abril, meses com temperatura média superiores a 21°C. Dezembro foi o mês com maior número de ninhos fundados (Fig.2).

3.2 ARQUITETURA DO NINHO

Foram utilizadas as armadilhas de todos os diâmetros oferecidos (Tabela 1). As células foram dispostas em série linear, variando de uma a três por ninho (Tabela 2; Fig 3a). Houve diferença significativa entre os volumes de células de machos e fêmeas ($p= 0,0009$) (Tabela 1).

Em 10 ninhos havia células vestibulares e nenhum com célula intercalar (Tabela 2). Um ninho foi fundado juntamente com uma célula abandonada de *Auplopus tarsatus* Smith e outro em um ninho-armadilha com casulos de *Auplopus* sp. Estes ninhos compartilhados foram separados por um fechamento.

O fechamento dos ninhos e as partições celulares são idênticos quanto ao formato côncavo, porém os fechamentos são mais espessos e recobertos por uma resina de origem vegetal desconhecida, juntamente como gravetos, pedaços de folhas mastigados, fungos e briófitas. Houve diferença significativa entre a espessura das partições celulares e dos fechamentos dos ninhos ($p < 0,001$) (Tabela 2).

As células de cria foram provisionadas com ninfas e adultos de baratas, que em algumas células não estavam totalmente paralisadas, tentando muitas vezes andar e fugir. Os ovos sempre eram fixados na região ventral do tórax, entre as coxas das pernas anteriores e médias. Após finalizada a alimentação das larvas, eram deixados fragmentos do corpo das baratas, principalmente asas e exoesqueleto do pronoto.

3.3 ESTRUTURA DO CASULO

Os casulos têm coloração de castanho-médio à castanho-claro, pouco translúcido e delicado. Apresentam formato fusiforme, com uma extremidade abaulada e outra afilada (Fig. 3d). A porção afilada, geralmente possuía uma massa escura (provavelmente fezes). A disposição do casulo em relação à

abertura do ninho, não apresentou nenhum padrão (as duas extremidades ficaram voltadas para abertura). O comprimento dos casulos dos machos e fêmeas difere significativamente ($p=0,0019$) (Tabela 1).

3.4 HISTÓRIA DE VIDA E TAMANHO DOS ADULTOS

Podium sp possui desenvolvimento com entrada em diapausa em pré-pupa e sem diapausa. A estimativa deste tempo a partir do intervalo mínimo e máximo entre as coletas e emergência dos adultos, foi de 15-44 dias para o desenvolvimento sem diapausa e de 204-299 para com diapausa.

De 80 células emergiram 25 fêmeas e 55 machos o que deu uma razão sexual de uma 1 fêmea: 2,2 machos, significativamente diferente da proporção 1:1. Em apenas quatro ninhos emergiram vespas dos dois sexos, estando os machos sempre na célula próxima a abertura do ninho. As fêmeas foram produzidas na maioria de ninhos com os diâmetros 1,3 e 1,0 cm. Apenas duas em ninhos de 0,7 cm e nenhuma em ninhos de 0,5 cm.

A largura da cabeça das fêmeas ($p=0,002$) e do mesossoma ($p<0,0001$) foram significativamente maiores que dos machos (Tabela 1; Fig.3b; c). Também foi constada que há correlação positiva entre a largura da cabeça e o diâmetro do ninho-armadilha (cabeça $p<0,001$).

3.5 MORTALIDADE, INIMIGOS NATURAIS E OUTRAS INTERAÇÕES

Das 145 células provisionadas houve mortalidade em 55 (38%) delas. Em 31 (21,4%) a causa de morte foi desconhecida, sendo 13 (8,9%) células em fase de ovo, dez (6,8%) em fase larval e oito (5,5%) delas em fase de pupa. Um total de 11 (7,5%) adultos morreram dentro do ninho.

As outras mortes foram causadas por ataque de outros organismos, quatro (2,7%) células foram contaminadas por fungos e nove por (6,2%) parasitoides, sendo *Phalacrotophora appendicigera* Borgmeier (Diptera: Phoridae) e *Perilampus* sp (Hymenoptera: Perilampidae), as duas parasitando quatro (2,7%) células e *Melittobia australica* Girault (Hymenoptera: Eulophidae) em uma (0,6%) delas. De três células emergiram adultos de *Bradysia* sp

(Diptera: Sciaridae), mas eles não causaram a mortalidade dos jovens e adultos de *Podium* sp.

De maneira geral, todos os diâmetros, com exceção do 0,5 cm, foram parasitados. Porém, a nidificação no diâmetro 0,5 cm foi baixa (dois ninhos, quatro células) (Tabela 3).

4. DISCUSSÃO

A atividade de nidificação de *Podium* sp. iniciou em novembro e os jovens entraram em diapausa no inverno. O mesmo ocorreu com *Podium angustifrons* em Guarapuava no sul do Brasil, ou seja, os adultos começaram a nidificar em novembro e os jovens entraram em diapausa no inverno (Buschini e Buss 2014). No sudeste do Brasil, onde as temperaturas médias são mais altas e o inverno mais brando, o período de nidificação de *P. denticulatum* (Ribeiro e Garófalo 2010) foi mais longo, indo de setembro a maio.

Independente da região do Brasil a biologia de nidificação de *Podium* sp descrita neste trabalho não diferencia muito do que é encontrado para outras espécies do mesmo gênero (Krombein 1967; Camillo et al. 1996; Ribeiro e Garófalo 2010; Buschini e Buss 2014). Os ninhos de *Podium* sp assim como os ninhos de *P. angustifrons* (Buschini e Buss 2014) apresentam de uma a três células por ninhos, sendo que deles uma única célula ocupa todo o espaço da armadilha. A presença pouco frequente de células vestibulares também foi relatada para *Podium luctuosum* Smith, 1856 e *P. denticulatum* (Krombein 1967; Ribeiro e Garófalo 2010).

Fechamentos de ninhos recobertos de resina e materiais vegetais, como encontrado neste estudo e em outras espécies de *Podium* (Krombein 1967; Ribeiro e Garófalo 2010; Buschini e Buss 2014), são apontadas como estruturas importantes para redução da taxa de parasitismo. Segundo O'Neill (2001), fechamentos de barro e outros materiais são uma forte barreira física contra a entrada de parasitoides no ninho. Além disto, para Krombein (1967) o depósito de detritos vegetais e outros materiais pode ser uma estratégia defensiva para camuflar o ninho de seus inimigos naturais.

Fatores como o tamanho do corpo das fêmeas (Krombein 1967), a disponibilidade das cavidades no ambiente (Coville 1982) e o tamanho das presas (Garcia e Adis 1995) parecem determinar o tamanho da cavidade usada por vespas e abelhas que nidificam em cavidades. No caso de *Podium* sp., que utilizou muito pouco as armadilhas com 0,5 cm de diâmetro, acredita-se o que possa ter influenciado na escolha do diâmetro da cavidade tenha sido tamanho das presas. Uma vez que a cabeça das fêmeas não foi maior que 0,43 cm de largura e esta espécie foi a mais abundante da região (Capítulo I desta dissertação). Segundo Camillo et al. (1996) o diâmetro dos ninhos de *P. denticulatum* foi determinado pelo tamanho das presas. *Podium denticulatum* nidifica com mais frequência em armadilhas com 1,0 a 1,2 cm de diâmetro (Ribeiro e Garófalo 2010). Diferentemente em Guarapuava *P. angustifrons* fundou ninhos apenas nas armadilhas com 0,7 e 0,5 cm de diâmetros (Buschini e Buss 2014).

O tamanho dos ninhos-armadilha fornecidos é uma característica importante na determinação da razão sexual, sendo que podem favorecer a produção de algum dos sexos (O'Neill 2001). Nossos resultados apresentaram a existência de correlação entre os tamanhos dos adultos e o diâmetro do ninho, além da predominância de machos em ninhos menores que as fêmeas (1,0; 0,7cm e 0,5 cm) o que aponta que este possa ser o fator determinante na razão sexual. Um caso que exemplifica bem é relatado para *Trypoxylon lactitarse* Saussure, 1867 (Buschini 2007). A razão sexual variava de acordo com o diâmetro do ninho. Ninhos-armadilha de diâmetros maiores (1,3 e 1,0 cm) a razão sexual é maior para fêmeas, porém em armadilhas com 0,7 cm de diâmetro o número de machos chegou a ser 14 vezes maior que das fêmeas.

Outro fator que poderia ter aumentado a proporção de machos seria a seleção dos ninhos por parasitoides. De acordo com os trabalhos de Van Baalen e Hemerik (2008) e Flores-Prado e Niemeyer (2012) ninhos com comprimento e diâmetros maiores são mais parasitados que os menores. Característica que pode interferir na razão sexual, sendo que ela é medida a partir dos dados de adultos emergidos. No entanto, neste estudo descartamos esta hipótese, uma vez que o número de células atacadas é exatamente igual em todos os diâmetros com (exceção do 0,5 cm).

A taxa de mortalidade de *Podium* sp foi semelhante àquelas encontradas nos ninhos de *P. angustifrons* (Buschini e Buss 2014) e *P. denticulatum* (Ribeiro e Garófalo 2010). Os parasitoides também foram os mesmos emergidos dos ninhos de *P. denticulatum* (Camillo et al.1996; Ribeiro e Garófalo, 2010). *Phalacrotophora appendicigera* e *Perilampus* sp. foram registradas até o momento apenas nos ninhos de *Podium* sp, inclusive não parasitando nenhuma outra espécie de vespa nesta mesma área. A interação exclusiva entre *P. appendicigera* com *Podium* sp pode estar relacionada a maior abundância de *Podium* sp em comparação as outras espécies coletadas neste estudo, visto que há registros de espécies do gênero *Phalacrotophora* parasitando diversas ordens de insetos (Wcislo 1990; Durska et al. 2003).

Um resultado deste trabalho que merece destaque é a presença de *Bradysia* sp nos ninhos de *Podium* sp. Até o momento não há registros da presença deste inseto nos ninhos de vespas e abelhas. As larvas de *Bradysia* sp. alimentam-se de fungos, algas, matéria orgânica em decomposição e do sistema radicular de plantas (Leite et al. 2007). Elas se desenvolvem em locais úmidos e escuros (Leite et al. 2007), como aqueles onde os ninhos-armadilha estavam instalados. Na área onde foram realizadas as coletas, a umidade é alta e havia grande proliferação de fungos nas armadilhas. Além disto, nos ninhos de *Podium* sp. havia sempre restos alimentares. Desta forma, pressupõe-se que estes sejam os fatores que influenciaram a presença deste díptero nos ninhos de *Podium* sp, pois ela não causou a mortalidade de nenhum dos jovens desta vespa. Não pode-se afirmar com certeza a forma de interação entre essas espécies, porém ela parece ser neutra em relação as vespas.

Considerando o que foi mencionado, os estudos de biologia de nidificação de muitas espécies de vespas, dentre essas do gênero *Podium*, ainda é reduzido. Fato preocupante, sendo que muitos biomas brasileiros encontram-se com alto nível de degradação. Além disto, estudos com redes de interações entre vespas e parasitoides se tornam cada vez mais comuns, o que torna ainda mais indispensável o conhecimento sobre a biologia e as formas de interações existentes entre estes grupos.

REFERÊNCIAS

- Amarante STP (2002) A synonymy catalogue for the species of Neotropical Crabronidae and Sphecidae (Hymenoptera - Apoidea). *Arq Zool São Paulo* 37:1–139. doi: 00667870
- Bohart RM, Menke AS (1976) Sphecid wasps of the world: a generic revision, 1^a ed. 695.
- Buschini M, Buss C (2014) Nesting Biology of *Podium angustifrons* Kohl (Hymenoptera, Sphecidae) in an Araucaria Forest Fragment. *Braz J Biol* 74:493–500. doi: 10.1590/1519-6984.19112
- Buschini MLT (2007) Life-history and sex allocation in *Trypoxylon* (syn. *Trypargilum*) *lactitarse* (Hymenoptera; Crabronidae). *J Zool Syst Evol Res* 45:206–213. doi: 10.1111/j.1439-0469.2006.00405.x
- Camillo E, Garófalo CA, Assis JMF, Serrano JC (1996) Biologia de *Podium denticulatum* Smith em ninhos armadilhas (Hymenoptera: Sphecidae, Sphecinae). *An da Soc Entomológica do Bras* 25:439–450.
- Coville RE (1982) Wasps of the genus *Trypoxylon* subgenus *Trypargilum* in North America, 1st ed. Berkeley Univ Calif 147.
- Durska E, Ceryngier P, Disney HL (2003) *Phalacrotophora beuki* (Diptera: Phoridae), a parasitoid of ladybird pupae (Coleoptera: Coccinellidae). *Eur J Entomol* 100:627–630.
- Flores-Prado L, Niemeyer HM (2012) Host location by Ichneumonid parasitoids is associated with nest dimensions of the host bee species. *Neotrop Entomol* 41:283–287. doi: 10.1007/s13744-012-0048-6
- Garcia MVB, Adis J (1995) Comportamento de nidificação de *Trypoxylon* (*Trypargilum*) *rogenhoferi* Kohl (Hymenoptera, Sphecidae) em uma floresta inundável de várzea na Amazônia Central. *Amazoniana* 13:259–282.
- Krombein K (1967) Trap-nesting wasps and bees. Life-histories, nests and associates. 570.
- Leite LG, Tavares FM, Bussóla RA, et al. (2007) Virulência de nematóides entomopatogênicos (Nemata Rhabditida) contra larvas da mosca-dos-fungos *Bradysia mabiusi* (Lane, 1959) e persistência de Heterorhabditis indica Poinar et al. 1992 em substratos orgânicos. *Arq Inst Biol* 74:337–342.
- Melo GAR (1999) Phylogenetic relationships and classification of the major lineages of Apoidea (Hymenoptera): with emphasis on the crabronid wasps. *Sci Pap Nat Hist Museum, Univ Kansas* 14:1–55.

- O'Neill K (2001) Solitary Wasps: Behavior and Natural History, 1^a ed. 406.
- Ohl M (1996) The phylogenetic relationships within the Neotropical Podiinae with special reference to *Podium* Fabricius (Hymenoptera: Apoidea: "Sphecidae"). Dtsch Entomol Zeitschrift 43:189–218. doi: 10.1002/mmnd.19960430204
- Pulawski WJ (2015) Catalog of Sphecidae sensu lato. <http://www.calacademy.org/scientists/projects/catalog-of-sphecidae>. Accessed 14 May 2015
- R Development Core Team (2013) R.
- Ribeiro F, Garófalo C a (2010) Nesting behavior of *Podium denticulatum* Smith (Hymenoptera: Sphecidae). Neotrop Entomol 39:885–91.
- Van Baalen M, Hemerik L (2008) Parasitoid fitness: from a simple idea to an intricate concept. In: Wajnberg É, Bernstein C, Alphen J van (eds) Behav. Ecol. Insect Parasitoids From Theor. approaches to F. Appl., 1^a ed. Blackwell Publishing Ltd, Carlton, Australia, pp 31–50
- Wcislo WT (1990) Parasitic and courtship behavior of *Phalacrotophora halictorum* (Diptera:Phoridae) at a nesting site of *Lasioglossum figueresi* (Hymenoptera: Halictidae). Rev Biol Trop 38:205–209.

TABELAS

Tabela 1. Volume das células de machos e fêmeas, comprimento do casulo e tamanho dos adultos em ninhos-armadilha de diferentes diâmetros. \bar{x} = média \pm desvio padrão (número de células, casulo e adultos).

Diâmetro	Sexo	Volume da célula	Comprimento do casulo	Largura da cabeça	Comprimento do mesossoma
1,3	Fêmea	5,45 1,54 (17)	2,81 0,28 (10)	4,20 0,52 (16)	8,35 0,78 (16)
	Macho	4,2 1,18 (14)	2,24 0,36 (14)	3,26 0,31 (10)	6,30 1,21 (10)
1,0	Fêmea	3,92 1,34 (9)	2,37 0,31 (6)	4,26 0,41 (9)	8,58 0,79 (9)
	Macho	2,42 0,47 (14)	2,33 0,33 (14)	3,26 0,30 (20)	6,61 0,60 (20)
0,7	Fêmea	5,80 2,69 (2)	2,4 0,00 (2)	4,20 0 (2)	8,22 0,20 (2)
	Macho	1,46 0,70 (24)	2,26 0,42 (14)	3,04 0,33 (24)	6,10 0,81 (24)
0,5	Fêmea	*	*	*	*
	Macho	1,40 0,09 (4)	1,65 0,22 (2)	2,78 0,13 (4)	5,63 0,31 (4)

Tabela 2. Valores médios para estruturas dos ninhos de *Podium* sp. \bar{x} = média \pm desvio padrão.

Estruturas do ninho	
Número de células de cria	$\bar{x} = 1,52 \pm 0,58$ (85)
Comprimento das células vestibulares (cm)	$\bar{x} = 2,55 \pm 0,95$ (10)
Tamanho das divisões de células de cria (cm)	$\bar{x} = 0,70 \pm 0,22$ (76)
Tamanho dos fechamentos (cm)	$\bar{x} = 0,40 \pm 0,16$ (54)

Tabela 3. Número de células parasitadas por cada espécie de inimigo natural nos quatro diâmetros de ninhos-armadilha.

Parasitóide	Diâmetro (cm)			
	1,3	1,0	0,7	0,5
Phoridae				
<i>Phalacrotophora appendicigera</i> Borgmeier	3	0	1	0
Perilampidae				
<i>Perilampus</i> sp.	0	2	2	0
Eulophidae				
<i>Melittobia australica</i> Girault	0	1	0	0

FIGURAS

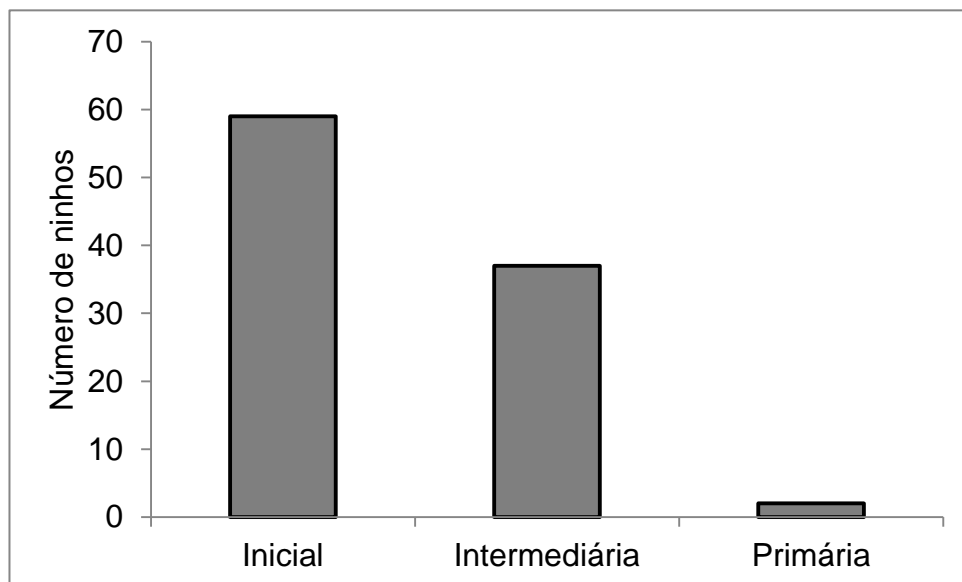


Fig.1. Número de ninhos de *Podium* sp fundados nos diferentes estágios florestais na Reserva Natural Salto Morato. Inicial (área de sucessão inicial); Intermediária (área de sucessão intermediária); Primária (mata primária).

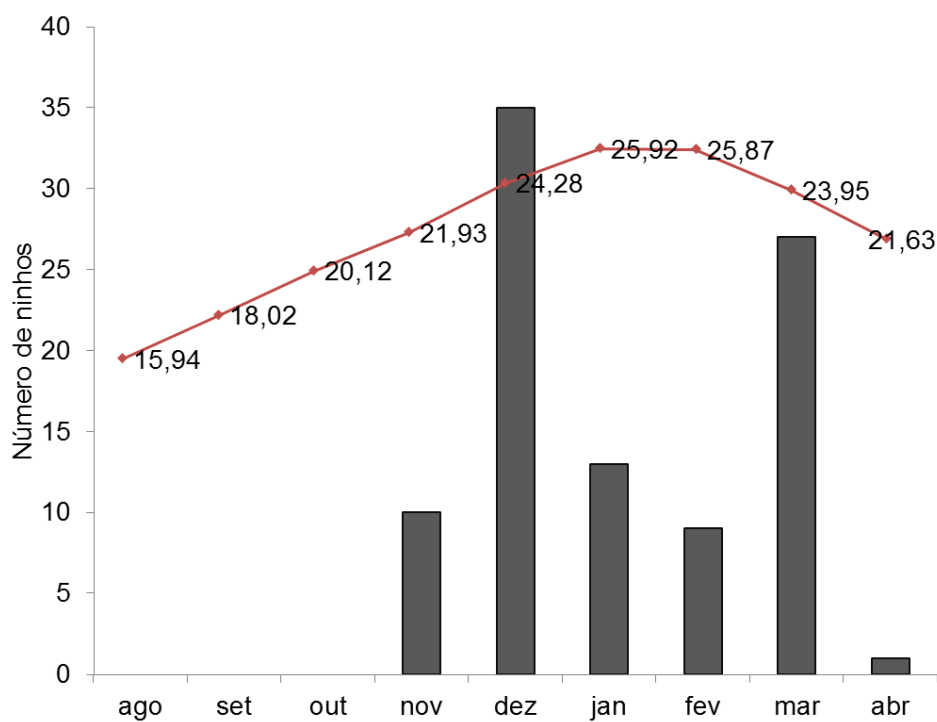


Fig.2. Número mensal de ninhos de *Podium* sp fundados na Reserva Natural Salto Morato e temperatura média em graus Celsius (°C).



Fig.3. *Podium* sp. (A) Ninho com imaturos, escala de 10mm; (B) Fêmea adulta, escala de 1mm; (C) Macho adulto, escala de 1mm; (D) Casulo, escala de 1mm.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo contribuiu para a compreensão das modificações na estrutura das assembleias de vespas solitárias que nidificam em ninhos-armadilha e seus inimigos naturais (parasitoides e cleptoparasitas) ao longo de um gradiente de sucessão ecológica. Além disto, foi analisada a biologia de nidificação de três espécies de vespas solitárias; *Liris* sp., *Auplopus tarsatus* Smith e *Podium* sp.

Constatou-se que as assembleias de vespas e parasitoides possuíam padrões de diversidade diferentes entre si, o que mostra que grupos tróficos distintos respondem de maneira desigual a modificações no ambiente. Porém, ao observar os grupos separadamente, não ocorreu diferença significativa entre as assembleias ao longo das áreas de sucessão. De acordo com resultados obtidos neste trabalho, associados com de outros autores, parece que a modificações ambientais não possuem grande influencia para assembleia de vespas e seus inimigos naturais. O que interfere em maior escala estes grupos, seria a mudanças de microambientes no sub-bosque para vespas e a abundância e diversidade de hospedeiros para os inimigos naturais.

Sabe-se que várias características são importantes para predizer a assembleia de vespas e inimigos naturais, no entanto, nem sempre se tem informações suficientes. Para facilitar o entendimento das assembleias o conhecimento sobre sua biologia de nidificação, história de vida e suas interações ecológicas é indispensável. Por isso, este trabalho também apresenta a biologia de três espécies, das quais existe pouco conhecimento sobre a biologia de seus gêneros. Destaque-se assim, que mais estudos devem ser realizados, principalmente para biologia destes insetos, pois servirá de base para um melhor entendimento de estudos de assembleias.