



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA – PPG-ENT

**ARTRÓPODES EM PLANTAS DE SUB-BOSQUE: DESCRIÇÃO DE UM NOVO
MÉTODO DE COLETA E AS RELAÇÕES ENTRE PREDADORES E GUILDAS
FUNCIONAIS EM DOIS GÊNEROS DE PLANTAS**

MARTA CUSTODIO LOPES

Manaus, Amazonas

Março, 2017

MARTA CUSTODIO LOPES

**ARTRÓPODES EM PLANTAS DE SUB-BOSQUE: DESCRIÇÃO DE UM NOVO
MÉTODO DE COLETA E AS RELAÇÕES ENTRE PREDADORES E GUILDAS
FUNCIONAIS EM DOIS GÊNEROS DE PLANTAS**

Orientador: Dr. Fabricio Beggiato Baccaro

Co-orientador: Dr. Greg Lamarre

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Entomologia.

Manaus, Amazonas

Março, 2017

L864 Lopes , Marta Custodio

Artrópodes em plantas de sub-bosque: descrição de um novo método de coleta e as relações entre predadores e guildas funcionais em dois gêneros de plantas /Marta Custodio Lopes . . Manaus:[s.n.], 2017.

00f.: il.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2017.

Orientador: Fabricio Beggiato Baccaro

Coorientador: Greg Lamarre

Área de concentração: Entomologia

1. Artrópodes . 2.Socket-trap . 3. Guildas funcionais . I.
Título.

CDD 595

Sinopse

Descrevemos um novo método de coleta de artrópodes em plantas de sub-bosque que amostrou maior abundância e riqueza de insetos do que o guarda-chuva entomológico e a coleta manual. Avaliamos como as guildas funcionais da comunidade de artrópodes coletada com o novo método é influenciada pelas formigas e pelas aranhas.

Palavras-Chave: Amostragem, Sub-bosque, *Socket-trap*, Guildas funcionais, Aranhas, Formigas.

Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e ao Programa de Pós Graduação em Entomologia, pela oportunidade de realizar esse mestrado, em especial à todo o corpo docente e pesquisadores envolvidos no curso. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas e à *Agence Nationale de la Recherche* pelo auxílio financeiro para a realização desse trabalho.

Ao meu orientador Fabricio Baccaro, pelo aceite e pela orientação, pelas boas ideias e sugestões no trabalho e por sempre botar fé em seus orientados. Ao meu coorientador Greg Lamarre por compartilhar a ideia da Socket-trap, pelas sugestões e incentivos ao longo do trabalho.

Agradeço a todos que me ajudaram no trabalho de campo: seu Zé Lopes, o melhor materio e cozinheiro da Amazônia, ao Carlitos por me ensinar a identificar as plantas, a Milagros, pela ajuda com a Socket-trap mesmo antes de irmos para a Ducke, ao Tiago por me ajudar a organizar as coisas e pelas gambiarras indispensáveis para o campo.

Ao Diego Collembola, pela identificação dos Collembola. Ao Tiago e Daniell pela identificação dos Hymenoptera não formigas. À Thays pelos pelos Diplopoda e Chilopoda. Ao Alberto pelos Psocoptera. Ao Rafael, Danilo, Milagros, Talitha, Marcio, Rosaly e a todas pessoas que ajudaram a identificar alguns insetos desse trabalho.

À toda a turma do mestrado de 2015, pela amizade, pela convivência e ajuda durante o curso. Agradeço a Talitha por me ajudar com as formigas, pela amizade linda e pela companhia agradável. Agradeço imensamente ao Tiago Bueno, que topou sair do velho oeste comigo e encarou bravamente esse desafio na Amazônia, obrigada pela ajuda, pelas conversas filosóficas e ideias nesse projeto, pela ajuda com as tecnologias, obrigada por deixar tudo menos difícil na vida.

Agradeço a minha família especialmente ao meus pais Paulo e Palmira pelo apoio e incentivo em realizar meus sonhos, e por nunca questionar o fundamento destes.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado.

Resumo

As plantas são modelo de habitat para o estudo de comunidades ecológicas, principalmente para investigar a ocorrência de invertebrados. Neste trabalho descrevemos um novo método de coleta de artrópodes em plantas, a *Socket-trap*, avaliamos seu desempenho comparando com os métodos de coleta mais utilizados para este tipo de amostragem e investigamos as relações entre a abundância de indivíduos das guildas de artrópodes e a abundância dos predadores (aranhas e formigas) em dois gêneros de plantas (*Protium* e *Inga*). As coletas foram realizadas em 10 parcelas permanentes da Reserva Ducke, Manaus. Em cada parcela foram amostradas 18 plantas de *Protium* (Burseraceae), sendo seis com guarda-chuva entomológico, seis manualmente e seis com *Socket-trap*. Em cada parcela foram também amostrados 6 exemplares de *Inga* (Fabaceae) utilizando *Socket-trap*. Todos os insetos coletados em *Protium* foram identificados ao nível de família e os Hymenoptera foram identificados ao nível de espécie e morfoespécie. Todos invertebrados coletados com *Socket-trap* em *Protium* e em *Inga* foram identificados e agrupados em uma das seguintes guildas: Detritívoros, Formigas, Herbívoros (mastigadores e sugadores), Onívoros, Parasitoides e Predadores (aracnídeos e insetos predadores). O novo método amostrou mais famílias de insetos e espécies de Hymenoptera que o guarda-chuva entomológico e a coleta manual. Um padrão similar foi encontrado para a abundância: *Socket-trap* amostrou mais indivíduos (617), seguido de guarda-chuva entomológico (295) e coleta manual (127). A performance dos outros métodos foi similar tanto para riqueza quanto abundância de insetos. A maior riqueza de espécies de Hymenoptera e de famílias de insetos amostrado com *Socket-trap* se deve ao ensacamento da planta, que impede a fuga dos invertebrados, principalmente aqueles muito ágeis ou alados. Provavelmente durante a agitação da planta sobre o guarda-chuva entomológico alguns espécimes escaparam, além disso, insetos muito pequenos também podem ser sub amostrados com este método. O menor número de indivíduos, espécies e famílias amostrado manualmente está relacionado à dificuldade de capturar os espécimes diretamente na planta, principalmente aqueles muito ágeis, de coloração críptica ou de tamanho reduzido. Para todos os parâmetros avaliados *Socket-trap* foi o melhor método de coleta de invertebrados em plantas. Em ambos gêneros de planta, a guilda dos predadores foi a mais abundante, seguida de detritívoros, formigas, herbívoros, onívoros e parasitoides. Apesar da diferença fenotípica entre os gêneros de planta, a proporção de artrópodes por guildas foi semelhante, mas a relação entre a abundância das guildas e a abundância dos predadores foi dependente do gênero de planta e o tipo de predador. De maneira em geral a abundância de predadores esteve negativamente correlacionada com a abundância de artrópodes por guilda. Esse padrão foi mais acentuado na relação entre abundância de formigas e abundância de detritívoros em *Inga*, provavelmente pela presença de nectários extraflorais que mantém mais formigas sobre a planta. De maneira similar, a abundância de aranhas esteve negativamente correlacionada com a de herbívoros sugadores. No entanto, algumas relações positivas entre abundância de predadores e abundância de artrópodes por guildas também foram encontradas. A relação positiva entre abundância de herbívoros sugadores e formigas é um indício da interação entre homópteros e formigas devido à produção de *honeydew*, já que esta relação foi detectada para os dois gêneros de plantas. A relação positiva entre aranhas e detritívoros sugere que as aranhas estão escolhendo plantas onde há mais recurso alimentar. Nossos resultados demonstram que as aranhas e formigas atuam de maneira diferente sobre as guildas de artrópodes nas plantas, e que este padrão depende das características das plantas.

Palavras-chave: Amostragem, Sub-bosque, *Socket-trap*, Guildas funcionais, Aranhas, Formigas.

Abstract

Plants are a habitat model for ecological communities study, mainly to investigate the invertebrate occurrence. In this paper, we described a new method for arthropods sampling in plants, the Socket-trap, we evaluated their efficiency by comparing with the most commonly used collection methods for this sampling type and investigated the relationships between individuals abundance in arthropod guilds and predators abundance (spiders and ants) in two genera of plants (Protium and Inga). Samples were taken in 10 permanent plots, in Adolpho Ducke forest reserve, Manaus. In each plot we sampled 18 plants of Protium (Burseraceae), 6 tree beating, 6 manual collection and 6 using Socket-trap. In each plot we also sampled 6 specimens of Inga (Fabaceae) using Socket-trap. All insects collected in Protium were identified at the family level and those belonging to the order Hymenoptera were identified at the species and morphospecies level. All invertebrates collected using Socket-trap in Protium and Inga were identified and grouped into one of the following guilds: Detritivores, Ants, Herbivores (chewers and suckers), Omnivores, Parasitoids and Predators (arachnids and predatory insects). New method sampled more insect families and Hymenoptera species than tree beating and manual collection. A similar pattern was found for abundance: Socket-trap sampled more individuals (617), followed by tree beating (295) and manual collection (127). The other methods performance was similar for insects richness and abundance. The highest richness of Hymenoptera and insect families sampled with Socket-trap is due to plant bagging, which prevents invertebrates escape, especially those very agile or winged. Probably during the plant agitation on tree beating some specimens escaped, in addition, very small insects can also be sub-sampled with this method. The smallest number of individuals, species and families sampled manually is related to the difficulty of specimens capturing, directly in the plant, especially those very agile. For all evaluated parameters, Socket-trap was the best collecting invertebrates method in plants. In both plant genera, the predators guild was the highest abundant, followed by detritus, ants, herbivores, omnivores and parasitoids. Despite the phenotypic difference between plant genera, arthropods proportion by guilds was similar, but the relationship between guild abundance and predator abundance was plant genus and predator type dependent. In general, the predators abundance was negatively correlated to arthropods abundance per guild. This pattern was major in relationship between ant abundance and detritivore abundance in Inga, probably due to presence of extrafloral nectaries that maintains higher ants abundance in the plant. Similarly, spider abundance was negatively correlated with the sucking herbivores abundance. However, some positive relationships between predators abundance and arthropods abundance by guilds were also found. Positive relationship between sucking herbivores abundance and ants is an indication of hemipterans and ants interaction due to production of honeydew. Positive relationship between spiders and detritivores suggests that spiders choose plants with more food. Our results demonstrated that spiders and ants act differently on arthropod guilds in plants, and this pattern depends on plant characteristics.

Key words: Sampling, Underwood, Socket-trap, Functional guilds, Spiders, Ants.

Sumário

Lista de figuras capítulo 1	viii
Lista de figuras capítulo 2	viii
INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS	3
Capítulo 1	4
INTRODUÇÃO	5
MATERIAL E MÉTODOS	6
Descrição do novo método de coleta.....	6
Instalação e funcionamento.....	7
Teste da eficiência da Socket-trap.....	8
Análises estatísticas.....	9
RESULTADOS.....	10
DISCUSSÃO.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
Capítulo 2	20
RESUMO	21
ABSTRACT.....	22
INTRODUÇÃO	23
MATERIAL E MÉTODOS	24
Amostragem.....	24
Análises estatísticas.....	26
RESULTADOS.....	27
DISCUSSÃO.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
ANEXO 1 – INGA.....	39
ANEXO 2 - PROTIIUM	41
SÍNTESE.....	43
REFERÊNCIAS	44

Lista de figuras capítulo 1

Figura 1 – Esquema geral da Socket-trap. 1: faixas de velcro, 2: bainha inferior, 3: corda, 4: bainha superior, 5: tubo de PVC, 6: tubo de alumínio, 7: corda com nó de laço, 8: bainha da corda com nó de laço.	7
Figura 2 - Instalação e funcionamento da Socket-trap. A: amarração no caule da planta, B: fechamento do velcro e instalação do tubo de alumínio, C: levantamento e fechamento do coletor.	8
Figura 3 - Curvas de rarefação para espécies de Hymenoptera e famílias de insetos coletados com Socket-trap, coleta manual e Guarda-chuva entomológico.	11
Figura 4 - Distribuição das famílias de insetos amostradas com os três métodos de coleta em plantas de <i>Protium</i> . Barras pretas representam Guarda-chuva entomológico, vermelhas coleta manual e verdes Socket-trap.	12
Figura 5 - Distribuição das espécies de Hymenoptera amostradas com os três métodos de coleta em plantas de <i>Protium</i> . Barras pretas representam Guarda-chuva entomológico, vermelhas coleta manual e verdes Socket-trap.	13
Figura 6 - Curvas de rarefação para espécies de Hymenoptera e famílias de insetos amostrados com Socket-trap, coleta manual e Guarda-chuva entomológico por unidade de tempo.	14

Lista de figuras capítulo 2

Figura 1 - Mapa da Reserva Ducke. Os círculos representam as parcelas permanentes e os quadrados representam as 10 parcelas onde foram feitas as coletas.	25
Figura 2 - Relação entre a abundância de formigas e a abundância de detritívoros, herbívoros mastigadores, herbívoros sugadores e onívoros coletados em plantas de <i>Protium</i> e <i>Inga</i> na Reserva Ducke. Cada triângulo vermelho representa a abundância de insetos encontrados em 6 plantas do gênero <i>Protium</i> e cada círculo preto representa a abundância de insetos em 6 plantas do gênero <i>Inga</i>	28
Figura 3 - Relação entre a abundância de aranhas e a abundância de detritívoros, herbívoros mastigadores, herbívoros sugadores e onívoros coletados na Reserva Ducke. Triângulos vermelhos representam plantas do gênero <i>Protium</i> e círculos pretos representam plantas do gênero <i>Inga</i>	29
Figura 4 - Relação entre a abundância de aranhas e formigas coletadas em plantas de <i>Protium</i> e <i>Inga</i> na Reserva Ducke. Triângulos vermelhos representam plantas do gênero <i>Protium</i> e círculos pretos representam plantas do gênero <i>Inga</i>	30

INTRODUÇÃO

Os artrópodes são os animais mais abundantes e diversos do planeta (Zhang 2011) e o maior número de espécies está concentrada nas florestas tropicais. No ambiente terrestre, as plantas representam um excelente local de colonização para os artrópodes. A planta é um recurso alimentar relativamente estável para os herbívoros e a complexidade estrutural, ou arquitetura da planta, provê nichos diversificados (Southwood 1961), que variam em luminosidade, temperatura e umidade (Wilkens *et al.* 2005), de modo que outros grupos de artrópodes encontram na planta um local de abrigo, alimentação, reprodução e nidificação. Dessa forma, plantas individuais são um recorte do ambiente e constituem um local adequado para investigar a ocorrência e a diversidade de invertebrados, especialmente insetos (Lewinsohn *et al.* 2012).

O estudo da comunidade de artrópodes arbóreos teve um aumento considerável durante a década de 1980, após o desenvolvimento da técnica do *fogging* (e.g. Erwin 1983a; Adis *et al.* 1984; Stork 1987a,b; Morse *et al.* 1988). Esta técnica, que consiste na nebulização de inseticida, é empregada em amostragens de artrópodes do dossel de florestas (Erwin 1983b) e não se aplica às plantas menores, com aqueles presentes no sub-bosque de sistemas naturais. Neste ambiente, a comunidade de invertebrados associados às plantas é geralmente amostrada com coleta manual e/ou guarda-chuva entomológico. Armadilhas como Malaise e Janela (*window trap*) também são utilizadas no sub-bosque em trabalhos que relacionam a diversidade de insetos com a diversidade de plantas (Lamarre *et al.* 2012). No entanto, estes métodos impossibilitam o estabelecimento de uma relação direta entre a fauna coletada e cada planta ali presente.

A coleta manual consiste na inspeção visual da planta e coleta dos artrópodes com aspiradores, pinças ou manualmente. Este método é bastante utilizado em estudos relacionados à herbivoria ou hábitos alimentares de insetos e as principais vantagens são que os insetos são coletados vivos e a associação herbívora com a planta pode ser confirmada (Basset e Novotny 1999). Em contrapartida, a coleta manual é um método pouco produtivo, pois demanda muito tempo de observação e coleta, e o resultado depende da habilidade do coletor (Basset *et al.* 1997). Já o guarda-chuva entomológico consiste em um coletor de tecido sustentado por duas hastes cruzadas e encaixadas nas extremidades do tecido (Fernandez e Sharkey 2006). O arbusto ou galho de árvore é fortemente agitado sobre o coletor e os espécimes que caem são retirados com aspirador entomológico, pinça ou manualmente (Basset *et al.* 1997). Este método é usualmente aplicado na construção de listas de espécies de artrópodes associadas às plantas (Ozanne 2005) e amostragem de insetos desfolhadores em ambientes naturais (Basset *et al.*

1997). Apesar de ser mais produtivo que a coleta manual, a principal limitação desta técnica é a seletividade dos artrópodes que são capturados, na sua maioria ápteros ou pouco ativos (Ozanne 2005).

Cada método de coleta possui características próprias e a fauna de artrópodes amostrada por eles é um reflexo do ambiente, dos hábitos e das interações destes organismos. Embora a realização de trabalhos sobre o desempenho dos métodos de coleta e caracterização da fauna de artrópodes amostrada seja importante, estes trabalhos raramente são realizados. Da mesma forma, a descrição de um novo método de coleta pode representar um importante passo para o estudo de artrópodes em determinados ambientes. Um exemplo disso é a técnica do fogging citada acima, que possibilitou a completa amostragem e quantificação da comunidade de artrópodes de dossel.

A estrutura da comunidade de artrópodes que interage com a planta e com a fauna presente nela pode ser avaliada taxonomicamente, através das espécies presentes, e funcionalmente através das guildas alimentares. O termo guilda, em ecologia, refere-se ao grupo de espécies, independente da afiliação taxonômica, que explora a mesma classe de recursos alimentares e de maneira similar (Root 1967). O conceito de guildas é uma ferramenta importante nos estudos de ecologia de comunidade pois permite comparações funcionais entre diferentes localidades, não somente levando em consideração uma lista de espécies por local, mas também confrontando os modelos estruturais das guildas presentes em cada local (Silvestre e Silva 2001).

Para os artrópodes, a utilização de guildas alimentares em estudos ecológicos permite descrever a estrutura trófica e as interações alimentares dentro da comunidade e compreender as relações entre as próprias guildas (Specziár e Rezsú 2009). Trabalhos em plantas utilizando o conceito de guilda foram realizados no dossel de florestas e enfocaram apenas na proporção de cada guilda dentro da comunidade (Moran e Southwood 1982; Stork 1987c; Basset e Arthington 1992). No entanto, pouco se sabe sobre a comunidade de artrópodes que habita plantas no ambiente do sub-bosque.

Este trabalho foi organizado em dois capítulos apresentados na forma de artigos. No primeiro capítulo descrevemos um novo método de coleta de invertebrados em plantas e comparamos a fauna coletada com métodos tradicionalmente utilizados para amostrar artrópodes no sub-bosque. No segundo capítulo avaliamos as relações entre as guildas de artrópodes associados a dois gêneros de plantas presentes no sub-bosque.

OBJETIVOS

Capítulo 1: Descrever e avaliar o desempenho de um novo método de coleta de artrópodes em plantas, denominado Socket-trap, comparando a riqueza, abundância e composição de insetos amostrados com Socket-trap, Guarda-chuva entomológico e coleta e manual.

Capítulo 2: Investigar como a abundância de indivíduos das guildas de artrópodes encontrados sobre as plantas variam em relação à abundância de predadores (aranhas e formigas) entre dois gêneros de plantas: *Inga* Mill. e *Protium* Burm. f.

Capítulo 1

Lopes, M.C.; Baccaro, F.B; Lamarre, G.P.A.;
Socket-trap: um novo método para amostrar a
comunidade de artrópodes em plantas de sub-
bosque. Manuscrito em preparação para
Entomologia Experimentalis et Applicata.

INTRODUÇÃO

As plantas são a base de recursos das comunidades terrestres e os insetos herbívoros são os organismos mais abundantes e diversos encontrados sobre elas (Strong et al., 1984). No entanto, as plantas também abrigam outros grupos de artrópodes, tais como predadores que utilizam as plantas como substrato para buscarem seu alimento (Wise, 1993), decompositores que se abrigam em plantas com acúmulo de matéria orgânica (Santos et al., 2003), parasitoides de ovos e larvas (Fernandez & Sharkey, 2006) e formigas que se abrigam em domáceas ou buscam alimento em nectários extraflorais (Oliveira & Brandão, 1991). Portanto, cada planta suporta uma grande quantidade de espécies de artrópodes associados e representa uma unidade ecológica apropriada para investigar a ocorrência, diversidade e interações com invertebrados (Farrell et al., 1992).

O conjunto de indivíduos que interage com a planta e com a fauna presente nela foi denominado “Comunidade Componente” por Root (1973). No entanto, este termo é pouco utilizado na literatura, talvez devido à dificuldade de amostrar todos invertebrados de uma planta ao mesmo tempo. Amostragens mais abrangentes (e.g. armadilhas do tipo Malaise e *window trap*) em ambiente de sub-bosque são bastante utilizadas para relacionar a diversidade de insetos com a comunidade de plantas (Lamarre et al., 2012) e apesar desses trabalhos resultarem em inventários mais completos das espécies de artrópodes, não é possível estabelecer uma relação direta entre a fauna amostrada pelas armadilhas com cada planta presente naquele ambiente. Nesse caso, a coleta ativa de artrópodes associados a plantas é geralmente feita por Guarda-chuva entomológico ou coleta manual, sendo possível utilizar os dois métodos em conjunto (Basset & Novotny, 1999).

O Guarda-chuva entomológico permite a amostragem rápida e prática de invertebrados em plantas inteiras ou partes destas e pode ser considerado um método seletivo, pois os insetos que caem da vegetação, em sua maioria, são ápteros ou pouco ativos (Ozanne, 2005). A coleta manual, apesar de bastante utilizada, também não amostra toda a comunidade de artrópodes da planta. Indivíduos muito pequenos ou de coloração semelhante à da planta podem não ser percebidos pelo coletor, assim como os mais ativos podem escapar. Conseqüentemente, a fauna amostrada depende parcialmente da habilidade de quem está coletando (Basset et al., 1997), o que dificulta a padronização da amostragem e a comparação entre resultados. Uma vez que cada método produz resultados próprios e nenhum é eficiente o bastante para amostrar todos

invertebrados da planta ao mesmo tempo, a escolha da técnica de coleta depende do propósito do trabalho e de quais grupos de artrópodes pretende-se amostrar.

Neste trabalho descrevemos a Socket-trap, um novo método de coleta de artrópodes em plantas, que amostra o maior número de invertebrados através de um ensacamento rápido da planta. Para avaliar o desempenho do novo método, comparamos a riqueza, abundância e composição de insetos amostrados com a Socket-trap, Guarda-chuva entomológico e coleta manual. Também comparamos o tempo gasto para coleta e identificação dos artrópodes entre os três métodos de coleta.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do novo método de coleta

O coletor foi feito com tecido leve e resistente, 100% poliéster, de cor branca e com as dimensões de 3 metros de comprimento por 3 metros de largura (Figura 1). As duas laterais do tecido possuem uma faixa de velcro (1) de 2 cm de largura por todo o comprimento. A parte inferior do tecido foi dobrada e costurada formando uma bainha (2) de 3 cm de largura, por onde foi inserida uma corda (3). A parte superior do tecido também possui uma bainha (4) de 5 cm de largura, por onde foi inserido um tubo de PVC soldável (5) com 2 cm de diâmetro e 1,5 metro de comprimento. Em uma das extremidades do tubo foi fixada (com parafuso e porca) uma conexão em forma de T (com 3 saídas) de 2 cm de diâmetro. Durante a instalação a outra extremidade do tubo será inserida e parafusada nesta conexão, formando um círculo com o coletor em torno da planta, e um tubo de alumínio (6) com 2 cm de diâmetro e 2,5 metros de comprimento também será anexado nesta conexão. Uma corda de 5 metros (7) com um nó de laço na ponta foi inserida dentro de uma bainha (8) costurada 15 centímetros abaixo da parte superior do tecido coletor.

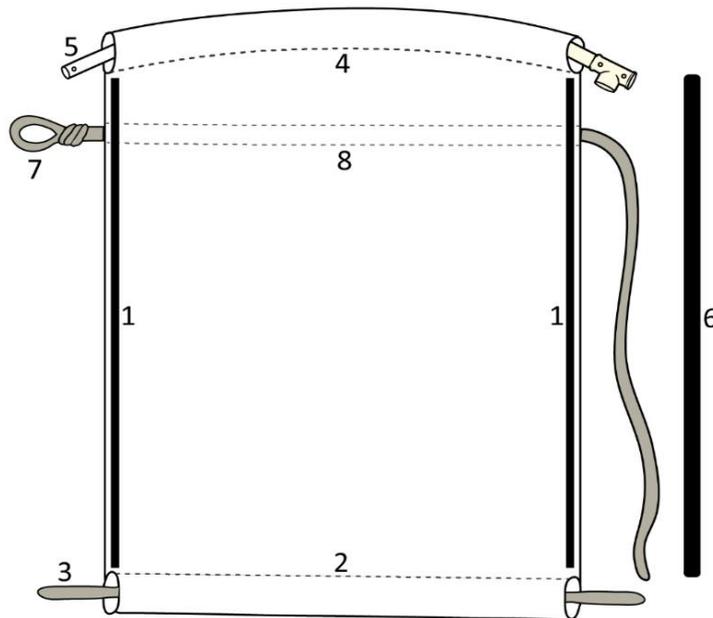


Figura 1 – Esquema geral da Socket-trap. 1: faixas de velcro, 2: bainha inferior, 3: corda, 4: bainha superior, 5: tubo de PVC, 6: tubo de alumínio, 7: corda com nó de laço, 8: bainha da corda com nó de laço.

Instalação e funcionamento

O tecido foi colocado no chão, em torno da planta, e a parte inferior foi amarrada no caule em uma região abaixo dos primeiros galhos (Figura 2A). O tubo de PVC soldável também foi posicionado em torno da planta e suas extremidades foram encaixadas, formando um círculo por cima de todo o tecido. O velcro foi fechado em todo seu comprimento, iniciando pela parte inferior indo até a região da bainha, onde a ponta da corda foi passada por dentro do nó de laço. Por fim, o tubo de alumínio foi encaixado na conexão (Figura 2B). Com a instalação finalizada, a planta pode ser mantida em repouso durante alguns minutos ou horas, para que a fauna de invertebrados que eventualmente tenha saído retorne à planta.

No momento da coleta, toda a estrutura do coletor foi rapidamente levantada com o auxílio do tubo de alumínio e, ao envolver completamente a planta, a corda com nó de laço foi rapidamente puxada, fechando a parte superior do coletor (Figura 2C). Em seguida, uma pequena parte do velcro foi aberta, permitindo alcançar o caule e agitar fortemente a planta. Os invertebrados presentes caíram e ficaram concentrados na parte inferior do tecido, próximo ao caule da planta. O velcro foi então aberto na região próxima à base e os invertebrados foram coletados com aspirador entomológico. A parte superior do coletor e as folhas da planta foram

rapidamente inspecionados a fim de coletar os insetos que eventualmente estejam voando ou fixos na planta.

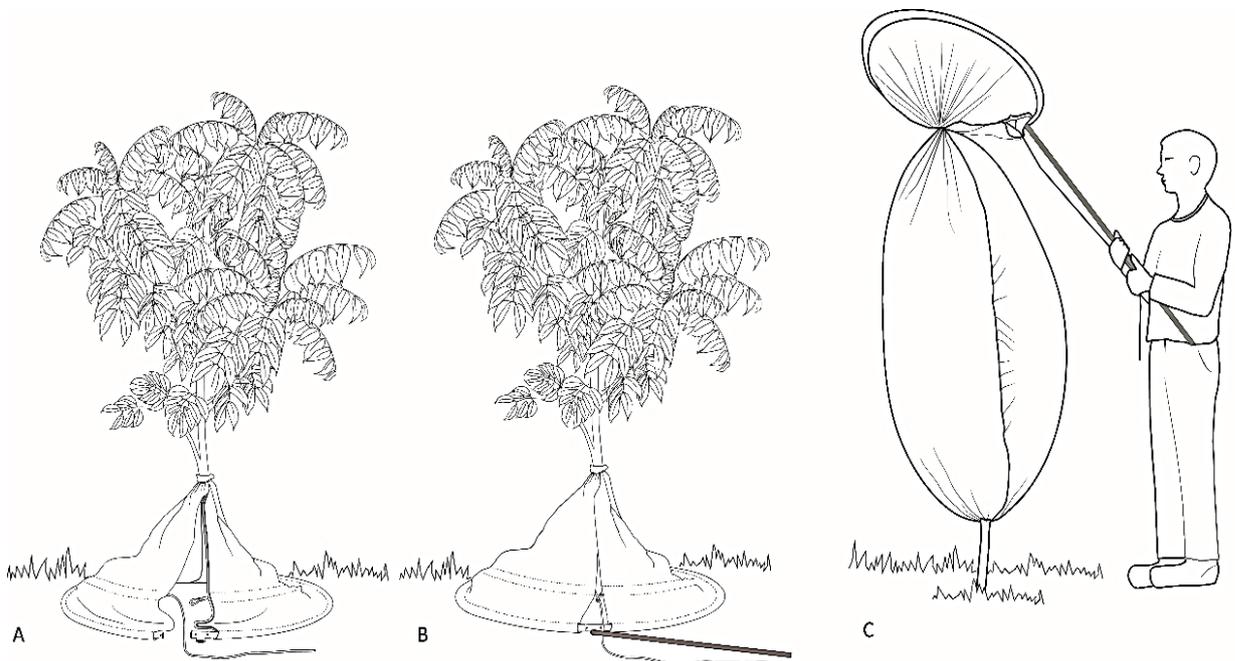


Figura 2 - Instalação e funcionamento da Socket-trap. A: amarração no caule da planta, B: fechamento do velcro e instalação do tubo de alumínio, C: levantamento e fechamento do coletor.

Teste da eficiência da Socket-trap

As coletas foram realizadas em abril de 2016, na Reserva Florestal Adolpho Ducke (02°55' a 03°01'S e 59°53' a 59°59,5'W), localizada em Manaus, Amazonas, em 10 parcelas permanentes que estão distantes a pelo menos 1 km entre si. Em cada parcela, foram identificados e marcados 18 exemplares de plantas do gênero *Protium* (Burseraceae) com altura entre 1,4 e 2,4 metros. Inicialmente foi feita a seleção das plantas, causando menor distúrbio possível, e em seguida retornou-se ao início da parcela onde iniciou-se a coleta.

Em cada parcela, seis plantas foram amostradas com Guarda-chuva entomológico, seis plantas foram amostradas com coleta manual e os invertebrados de seis plantas foram amostrados utilizando Socket-trap. Para o Guarda-chuva entomológico cada planta foi agitada sobre o pano coletor (1 x 1 m) e os invertebrados foram coletados com aspirador entomológico. Este processo foi repetido até que nenhum invertebrado caísse sobre o pano coletor. Durante a coleta manual, as plantas foram cuidadosamente inspecionadas até que todos indivíduos visualizados fossem coletados com o auxílio de aspirador entomológico e pinça. Este método foi realizado sempre pela mesma pessoa. A coleta com a Socket-trap foi realizada conforme

descrito anteriormente. A coleta manual e o Guarda-chuva entomológico foram escolhidos para comparação por serem os métodos mais utilizados em estudos de artrópodes associados a plantas no sub-bosque (Basset & Novotny, 1999). O tempo gasto para amostrar as plantas foi mensurado individualmente.

Todos os insetos coletados foram identificados ao nível de família e aqueles pertencentes à ordem Hymenoptera foram identificados ao nível de espécie e morfoespécie com o auxílio de chaves de identificação (Fernandéz & Sharkey, 2006; Rafael et al., 2012; Baccaro et al., 2015). Os exemplares pertencentes às classes Arachnida, Malacostraca, Chilopoda e Diplopoda foram classificados ao nível de ordem.

Análises estatísticas

Foram construídas curvas de rarefação para número de famílias de insetos e de espécies de Hymenoptera amostrados por método de coleta. O intervalo de confiança de 95% foi estimado pelo método Mao-Tao que não colapsa ao redor da média nos maiores valores (Colwell et al., 2004). Posteriormente, o número de famílias de insetos, de espécies de Hymenoptera e o número de indivíduos amostrado por cada método foram comparados por análises de variância (ANOVA). Em ambos os casos, o número de famílias de insetos ou de espécies de Hymenoptera e a abundância de indivíduos foram as variáveis dependentes e o método de coleta foi a variável independente. Comparações entre cada método foram feitas pelo teste *pos hoc* de Tukey.

A composição dos grupos capturados com cada método de coleta (famílias de todos os insetos capturados e espécies de Hymenoptera) foram comparadas por análise de variância múltipla por permutação (np-MANOVA), baseada em uma matriz de dissimilaridade gerada pelo índice de Bray-Curtis. Em todas as análises a unidade amostral foi a parcela. Para apresentar a composição e identidade das espécies amostradas por cada método foram criados gráficos simples de ordenação.

Para comparar a eficiência dos métodos, construímos curvas de acumulação de espécies de Hymenoptera e de famílias de insetos por tempo de amostragem para cada método de coleta. Utilizamos também o modelo proposto por Cardoso (2009), que permuta a matriz de dados focalizando em combinação de métodos de amostragem que maximizam o número total de espécies. Desta forma, essa análise retorna uma combinação de métodos que maximiza a riqueza e composição de espécies amostradas. Para efeito comparativo, mostramos a melhor

combinação de métodos e número de amostras por método para atingir 50%, 80% e 100% das espécies amostradas na Reserva Ducke. Estas análises foram calculadas utilizando o pacote BAT baseado em 1000 permutações (Cardoso et al., 2015). Todas as análises dos dados foram feitas através do software estatístico R (R-Core Team 2016).

RESULTADOS

Foram coletados 1.423 artrópodes distribuídos em 4 classes: Insecta (1.039), Arachnida (365), Diplopoda (14), Malacostraca (5). Insecta, que compõe o grupo mais abundante, foi classificado em 11 ordens e 75 famílias, sendo que a ordem mais numerosa foi Hymenoptera (390 indivíduos) e a família mais abundante foi Formicidae (349). Outros grupos de insetos também abundantes foram Collembola (272) e Coleoptera (175 indivíduos).

Socket-trap amostrou em média ~8 famílias de insetos a mais que o Guarda-chuva entomológico e ~12 famílias de insetos a mais que a coleta manual por parcela (ANOVA, $F_{2,27} = 28.2$, $p < 0.001$) enquanto o Guarda-chuva entomológico amostrou o mesmo número de famílias por parcela que a coleta manual (Tukey *pos hoc* test, $p = 0.09$). Para Hymenoptera, Socket-trap amostrou em média ~4 espécies a mais que o Guarda-chuva e ~6 espécies a mais que a coleta manual por parcela (ANOVA, $F_{2,27} = 10.47$, $p < 0.001$). Já o Guarda-chuva entomológico e a coleta manual amostraram número similar de espécies de Hymenoptera por parcela (Tukey *pos hoc* test, $p = 0.26$). Esses resultados estão refletidos nas curvas de rarefação (Figura 3).

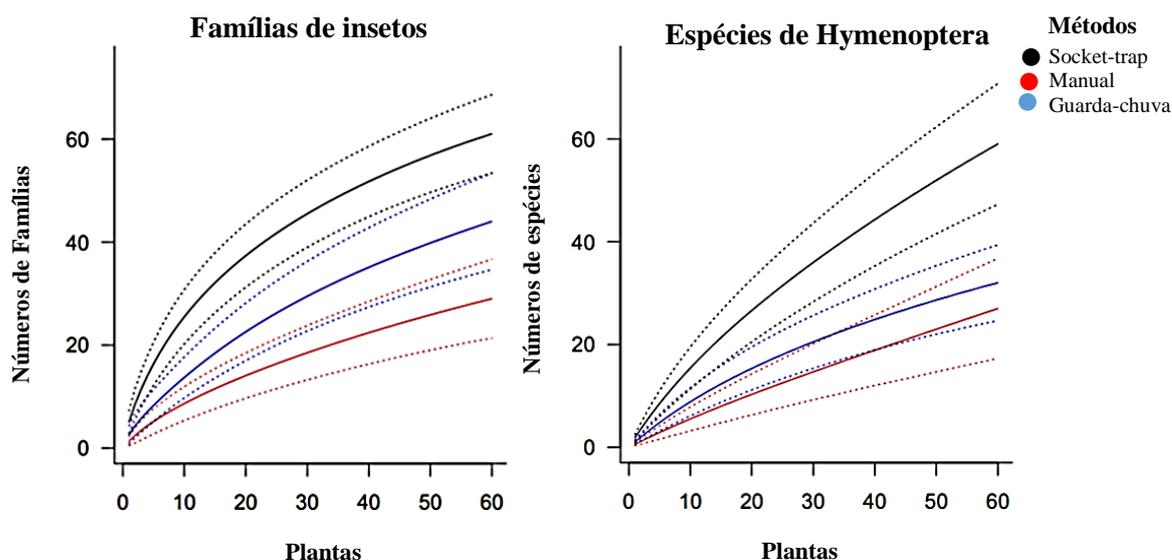


Figura 3 - Curvas de rarefação para espécies de Hymenoptera e famílias de insetos coletados com Socket-trap, coleta manual e Guarda-chuva entomológico.

Um padrão similar ocorreu para a abundância de insetos. Socket-trap amostrou maior número de indivíduos por parcela que os outros dois métodos (ANOVA, $F_{2,27} = 14.08$, $p < 0.001$), coletando um total de 617 indivíduos, seguido pelo Guarda-chuva entomológico que amostrou 295 indivíduos e coleta manual que amostrou 127. O número de insetos amostrados por parcela foi similar entre o Guarda-chuva entomológico e a coleta manual (Tukey pos hoc test, $p = 0.19$).

A composição das famílias amostradas foi diferente entre os métodos de coleta (np-MANOVA, $F_{2,27} = 3.74$, $p = 0.001$). Do total de 75 famílias coletadas, 20 foram amostradas exclusivamente com Socket-trap, 7 somente foram coletadas com Guarda-chuva entomológico e 7 com coleta Manual (Figura 4). No entanto, não houve diferença na composição das espécies de Hymenoptera amostradas entre os métodos de coleta (np-MANOVA, $F_{2,27} = 1.01$, $p = 0.407$). Formicidae foi a família mais representativa em todos os métodos: das 27 espécies de Hymenoptera coletadas manualmente, 24 foram Formicidae, enquanto das 32 espécies amostradas com Guarda-chuva, 26 foram Formicidae. Para Socket-trap foram coletadas 60 espécies de Hymenoptera, sendo 40 espécies de Formicidae e 20 pertencentes a outras famílias (Figura 5).

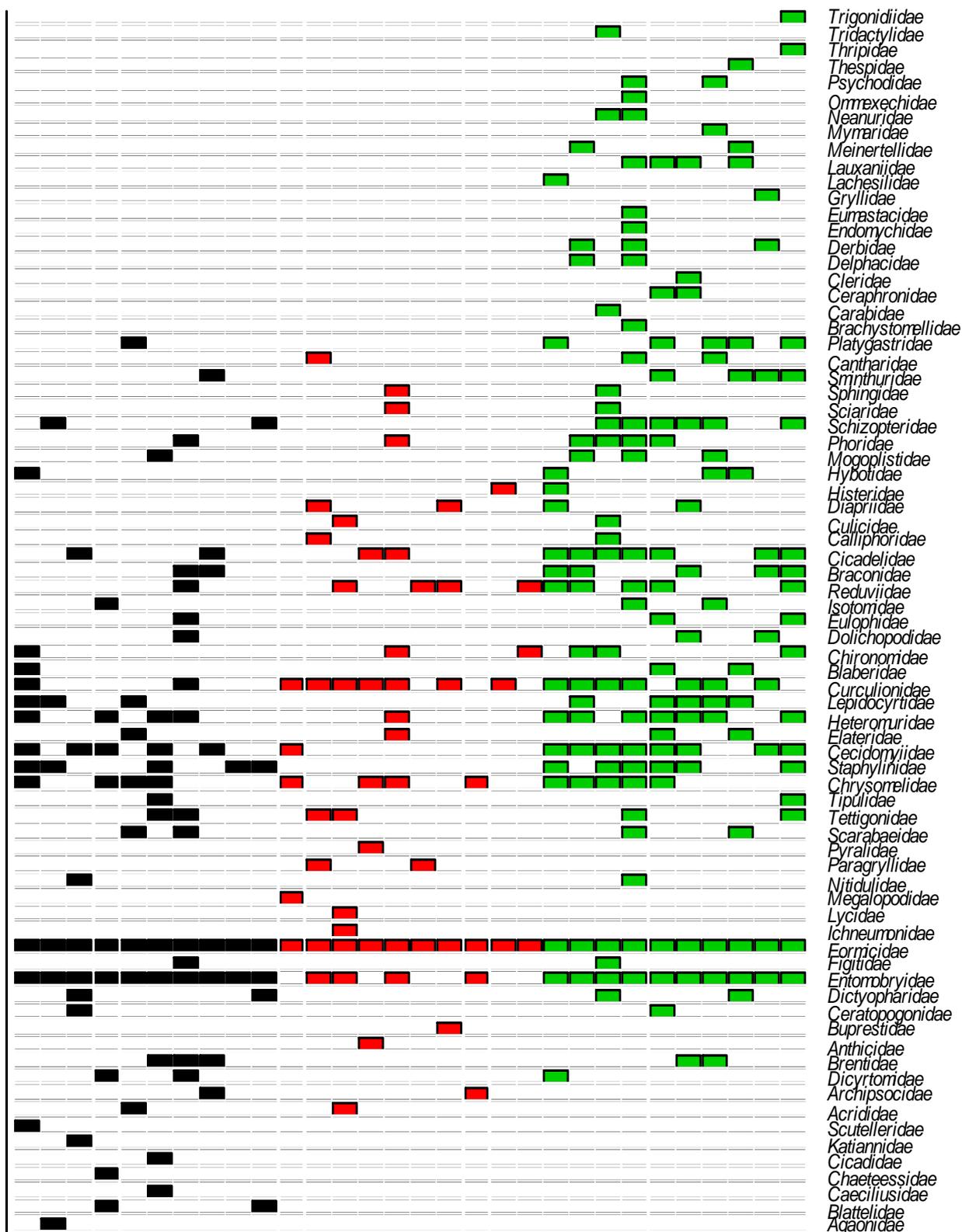


Figura 4 - Distribuição das famílias de insetos amostradas com os três métodos de coleta em plantas de Protium. Barras pretas representam Guarda-chuva entomológico, vermelhas coleta manual e verdes Socket-trap.



Figura 5 - Distribuição das espécies de Hymenoptera amostradas com os três métodos de coleta em plantas de Protium. Barras pretas representam Guarda-chuva entomológico, vermelhas coleta manual e verdes Socket-trap.

Socket-trap é um método que demanda bastante tempo de coleta em campo. Em média foram coletados 11,4 artrópodes por minuto utilizando Guarda-chuva entomológico contra 8,3 por minuto utilizando Socket-trap e 4,1 com coleta manual. No entanto, a acumulação de espécies de Hymenoptera e famílias de insetos em função do tempo de amostragem foi semelhante entre os métodos de coleta, apesar de serem amostradas mais espécies de Hymenoptera manualmente do que com os outros dois métodos. Os três métodos amostraram praticamente o mesmo número de famílias por unidade de tempo (Figura 6). A análise de otimização de amostragem (Tabela 1), reflete a maior eficiência da Socket-trap, produzindo amostras mais diversas com menos plantas amostradas. Para amostrar 50% das espécies de Hymenoptera e das famílias de insetos coletados neste trabalho, seriam necessárias apenas 39-40, e 23-24 amostras (das 180 amostras coletadas) de Socket-trap, respectivamente.

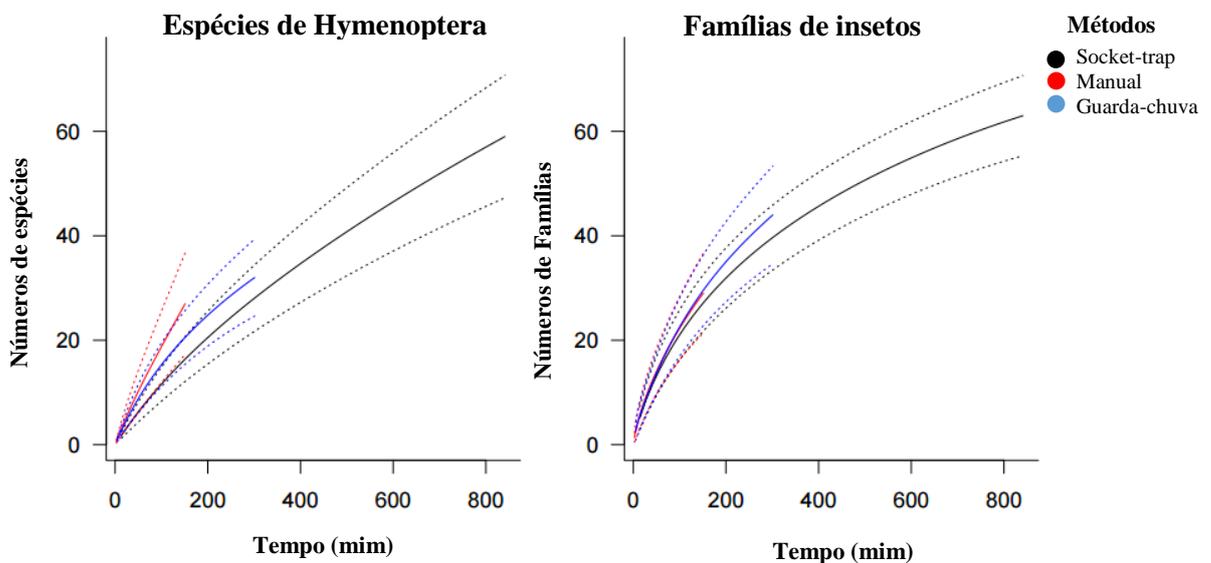


Figura 6 - Curvas de rarefação para espécies de Hymenoptera e famílias de insetos amostrados com Socket-trap, coleta manual e Guarda-chuva entomológico por unidade de tempo.

Tabela 1 Combinação ótima de amostragem (plantas) por método dados 50%, 80% ou 100% de espécies de Hymenoptera e famílias de insetos amostradas na Reserva Ducke, Amazonas, Brasil.

Método	Espécies de Hymenoptera			Famílias de Insetos		
	50%	80%	100%	50%	80%	100%
Guarda-chuva	0	6	60	0	5	60
Coleta Manual	0	31-33	60	0	12-15	60
Socket-trap	39-40	60	60	23-24	60	60

DISCUSSÃO

A Socket-trap amostrou mais espécies de Hymenoptera e mais famílias de insetos que os outros métodos. Apesar de ser mais demorado, a maior quantidade de indivíduos e espécies amostrados compensam sua utilização, pois uma visão mais abrangente e completa da diversidade de insetos em plantas é fornecida pelo novo método.

A maior riqueza de espécies de Hymenoptera e de famílias de insetos amostradas está relacionada ao fato da Socket-trap ser um método que, após ensacamento da planta, não permite a fuga dos espécimes, principalmente aqueles muito ágeis ou alados. O ensacamento da planta também permite coletar indivíduos muito pequenos ou de coloração críptica mesmo sem visualizá-los durante o trabalho no campo. Isso ocorre porque todo o material vegetal fino que se acumula dentro do coletor, juntamente com os invertebrados, é coletado com aspirador entomológico e depois avaliado em microscópio estereoscópio. Insetos das famílias Mymaridae (Hymenoptera), Thripidae (Thysanoptera) são exemplos de indivíduos pequenos e de visualização relativamente difícil que foram exclusivamente amostrados com Socket-trap.

O Guarda-chuva entomológico, que é um método amplamente difundido para amostragens de insetos em plantas (Ozanne, 2005), ficou atrás da Socket-trap em relação a quantidade de artrópodes amostrados. É provável que durante a agitação da planta sobre o pano coletor e durante a coleta, alguns espécimes tenham escapado, enviesando assim as amostras. Insetos alados ou saltadores são particularmente difíceis de serem amostrados sobre o pano coletor, além disso, insetos muito pequenos também podem ser sub amostrados com este método. De forma similar, o menor número de indivíduos, espécies e famílias amostradas pela coleta manual provavelmente está relacionado à dificuldade de capturar os espécimes diretamente na planta, principalmente aqueles muito ágeis, além da dificuldade de visualizar os indivíduos de coloração críptica ou de tamanho reduzido.

Esta perda de exemplares é minimizada em coletas com Socket-trap e faz com que suas amostras contenham em média mais indivíduos que as obtidas com os outros métodos. O ensacamento da planta e a coleta de todo o material ali presente permitiu uma boa amostragem, por exemplo, da ordem Collembola, cujos espécimes são de difícil visualização devido ao tamanho diminuto. Nas amostras de Socket-trap foram coletados 188 colêmbolos, comparado com 79 indivíduos amostrados com Guarda-chuva entomológico e apenas 8 indivíduos amostrados pela coleta manual. Mesmo insetos conspícuos e ápteros, como as formigas, foram consideravelmente melhor amostrados com a Socket-trap do que com os outros métodos.

A composição de espécies de Hymenoptera para os três métodos foi marcada pela presença de Formicidae, que é um grupo extremamente abundante em ambientes naturais e de coleta relativamente fácil. A amostragem de himenópteros alados, como é o caso das espécies não pertencentes à Formicidae, por meio de Guarda-chuva entomológico ou coleta manual possui limitações relacionadas à possibilidade de fuga destes, e isso se refletiu nos resultados destes métodos. Foram 5 espécies aladas coletadas com Guarda-chuva entomológico e 3 manualmente. Para Socket-trap esse viés é minimizado, de modo que foram amostradas 15 espécies aladas, um número superior ao dos outros métodos. Já para a composição de famílias de insetos coletadas, o número de famílias exclusivas para Socket-trap foi superior ao dos outros métodos, o que sugere maior eficiência do novo método. Insetos da ordem Orthoptera, por exemplo, foram coletados apenas com Socket-trap. Esses resultados se refletem nos padrões da análise de otimização de amostragem, sugerindo que as amostras do novo método são mais robustas e complementares do que as amostras obtidas pelos outros métodos. A análise de otimização randomiza as amostras de forma a maximizar a riqueza de famílias e espécies com o mínimo de amostras possível. Portanto, se o objetivo for amostrar a fauna presente na planta de forma mais completa, Socket-trap é o método mais indicado.

Os resultados da curva de rarefação por unidade de tempo indicaram que os três métodos de coleta são igualmente eficientes, acumulando praticamente o mesmo número de famílias de insetos por unidade de tempo. Além disso, apenas a curva para Socket-trap tendeu à estabilização. Para espécies de Hymenoptera, a eficiência dos três métodos também foi equivalente, apesar da coleta manual ser um pouco mais eficiente. Este resultado provavelmente se deve à facilidade de coletar Formicidae manualmente, que foi a família de Hymenoptera mais rica em espécies neste trabalho. No entanto, a curva de acumulação de espécies de Hymenoptera amostrado pela coleta manual não tendeu à estabilização.

Apesar das vantagens, um ponto negativo do novo método é demandar mais tempo de coleta. A instalação do tecido coletor da Socket-trap demanda tempo, o que não ocorre nos outros métodos que são mais práticos. Além disso, devido a agitação da planta um material vegetal finamente particulado é acumulado na base do coletor e o excesso de tecido próximo ao caule da planta pode dificultar a aspiração do material. Realizamos testes com um coletor confeccionado com a base mais estreita (2 metros) e ainda assim não conseguimos minimizar esse viés, ou seja, mesmo com menos tecido na base, o tempo de coleta continua alto. No entanto, o maior tempo gasto refletiu em mais indivíduos e mais espécies amostradas por planta. Levando em consideração apenas o tempo necessário para coletar determinada abundância de

indivíduos, o Guarda-chuva entomológico é mais rápido que a Socket-trap. Porém, como a riqueza de invertebrados acumulada por meio do Guarda-chuva entomológico é menor que a acumulada por Socket-trap, a eficiência de coleta por unidade de tempo se equivale.

Para todos os parâmetros avaliados, Socket-trap se mostrou como o melhor método de coleta de invertebrados em plantas. Conhecendo as características das amostras obtidas com cada um dos três métodos, sugerimos que a escolha do método seja feita conforme os objetivos ou grupo alvo de estudo, avaliando ainda a possibilidade de utilizá-los em conjunto. Os resultados aqui discutidos confirmam que a planta é um ambiente diverso e rico em invertebrados, e que pode estar sendo sub-amostrada. Apesar de não estarem inclusas nas análises, é importante destacar a eficiência do novo método para amostrar espécimes da classe Arachnida, principalmente aranhas e ácaros. A Socket-trap tem potencial para ser empregado no estudo de interação entre insetos e plantas, avaliação da arquitetura de plantas, monitoramento de insetos praga de cultivares agrícolas, estudos sobre interação entre herbívoros e parasitoides, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baccaro FB, Feitosa RM, Fernández F, Fernandes IO, Izzo TJ, Souza JLP & Solar R (2015) Guia Para os Gêneros de Formigas do Brasil. Editora INPA, Manaus, BR.

Basset Y & Novotny V (1999) Species richness of insect herbivore communities on Ficus in Papua New Guinea. *Biological Journal of the Linnean Society* 67:477–499.

Basset Y, Springate ND, Aberlenc HP & Delvare GA (1997) A review of methods for sampling arthropods in tree canopies. *Canopy arthropods* (ed by NE Stork, J Adis & RK Didham) Chapman and Hall, London, UK, pp. 27-52.

Cardoso P (2009) Standardization and optimization of arthropod inventories—the case of Iberian spiders. *Biodivers Conservation* 18:39-49. doi 10.1007/s10531-009-9690-7.

Cardoso P, Rigal F & Carvalho JC (2015) BAT - Biodiversity Assessment Tools, an R package for the measurement and estimation of alpha and beta taxon, phylogenetic and functional diversity. *Methods in Ecology and Evolution* 6:232-236.

Colwell RK, Mao CX & Chang J (2004) Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85:2717-2727.

Farrell BD, Mitter C & Futuyma DJ (1992) Diversification at the insect-plant interface. *BioScience* 42:34-42.

Fernández F & Sharkey MJ (2006) Introducción a los Hymenoptera de la región neotropical. Sociedad Colombiana de Entomología & Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, CO.

Lamarre GPA, Molto Q, Fine PVA & Baraloto C (2012) A comparison of two common flight interception traps to survey tropical arthropods. *ZooKeys* 216:43-55.

Rafael JA, Melo GAR, Carvalho, CJB, Casari AS & Constantino (2012) *Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia*. Holos Editora, Ribeirão Preto, BR.

Root RB (1973) Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica Oleracea*). *Ecological Monographs* 43:95-124.

Oliveira PS & Brandão CRF (1991) The ant community associated with extrafloral nectaries in brazilian cerrados. Ant-plant interactions (ed. by DF Cutler & CR Huxley) Oxford University Press, Oxford, USA, pp.198-212.

Ozanne CMP (2005) Sampling methods for forest understory vegetation. Insect Sampling in Forest Ecosystems (ed. by SR Leather, JH Lawton & GE Likens) Blackwell, New Jersey, USA, pp. 58-76.

Santos GB, Marques MI, Adis J & De-Musis CR (2003). Artrópodes associados à copa de *Attalea phalerata* Mart. (Arecaceae), na região do Pantanal de Poconé, Mato Grosso, Brasil. Revista Brasileira de Entomologia 47:211-224.

Strong DR, Lawton JH, Southwood R (1984) Insects on plants: community patterns and mechanisms. Harvard University Press, Cambridge, UK.

Wise DH (1993) Spiders in ecological webs. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Capítulo 2

Lopes, M.C.; Baccaro, F.B; Lamarre, G.P.A.;
Relações entre os predadores e as guildas funcionais
de artrópodes associados a dois gêneros de plantas
em uma floresta de terra firme na Amazônia central.
Manuscrito preparado conforme normas da *Acta
Amazonica*.

RESUMO

A utilização do conceito de guildas permite avaliar funcionalmente a assembleia de artrópodes associados às plantas. Neste trabalho investigamos como a abundância de indivíduos das guildas de artrópodes arborícolas variam em relação à abundância de predadores (aranhas e formigas) entre dois gêneros de plantas: *Inga* e *Protium*. Os invertebrados foram amostrados com Socket-trap em 10 parcelas permanentes da Reserva Ducke, sendo seis plantas de *Protium* e seis de *Inga* por parcela (totalizando 120 plantas). Os espécimes foram identificados e agrupados nas seguintes guildas: Detritívoros, Formigas, Herbívoros (mastigadores e sugadores), Onívoros, Parasitoides e Predadores (aranhas e insetos). Foram amostrados 874 artrópodes em *Protium* e 842 em *Inga*. Em ambos gêneros a guilda dos predadores foi a mais abundante, seguida de detritívoros, formigas, herbívoros, onívoros e parasitoides. Apesar da congruência na proporção de indivíduos por guilda, a relação entre a abundância dos predadores e a abundância das demais guildas diferiu entre formigas e aranhas e entre os gêneros de planta. Nossos resultados sugerem que as formigas estão mais intimamente relacionadas com outras guildas presentes nas plantas de *Inga*, provavelmente pela presença de nectários extraflorais. Para as aranhas, o substrato (planta) parece ser menos importante, e as relações entre a abundância desta guilda com as outras guildas de invertebrados é semelhante nos dois gêneros de plantas.

Palavras-chave: Guildas funcionais, Assembleia de invertebrados, Predadores, Formigas.

ABSTRACT

Guild concept application allows to evaluate functionally arthropods assembly associated to plants. In this paper, we investigated how specimens abundance of arthropod guilds varies relating to predators abundance (spiders and ants) between two genera of plants: Inga and Protium. Invertebrates were sampled with Socket-trap in 10 permanent plots at the Adolpho Duche forest reserve, being 6 plants of Protium and 6 of Inga per plot (totalizing 120 plants). The arthropods were identified and grouped in the following guilds: Detritivores, Ants, Herbivores, Omnivores, Parasitoids and Predators. We sampled 874 arthropods in Protium and 842 in Inga. In both genera, the predator guild was the highest abundant, followed by detritivores, ants, herbivores, omnivores and parasitoids. Despite the congruence in individuals proportion by guild, relationship between predators abundance and other guilds differ among ants and spiders and among genera plants. Our results suggest that ants are more closely related to other present guilds in Inga plants, probably due to presence of extrafloral nectars. For spiders, substrate (plant) seems to be less important, and relationship between this guild abundance and others invertebrates guilds is similar to two genera of plants.

Keywords: Functional guilds, Invertebrate Assembly, Predators, Ants.

INTRODUÇÃO

As árvores são um bom modelo para o estudo de comunidades ecológicas, principalmente para investigar a ocorrência de invertebrados (Lewinsohn *et al.* 2012). O habitat arbóreo é facilmente definido e delimitado e os indivíduos que compõem a comunidade arbórea geralmente estão troficamente relacionados ou compartilham uma dependência com a planta (Moran e Southwood 1982). Apesar disso, o estudo do ambiente arbóreo apresenta alguns desafios importantes. Dada a grande abundância, diversidade e distribuição de espécies de artrópodes que habitam ou utilizam as plantas, investigar a estrutura destas assembleias demanda muito tempo e recurso, além de representar um grande desafio taxonômico (Basset *et al.* 2012). Uma alternativa frequentemente utilizada para contornar esse problema, é agrupar os artrópodes em guildas ou grupos funcionais (Basset e Arthington 1992; Lamarre *et al.* 2015).

O termo guilda foi utilizado pela primeira vez por Root (1967) e foi definido como um grupo de espécies que explora os mesmos recursos de forma similar. Atualmente a definição de guilda trófica mais aceita é a de um agrupamento de espécies que compartilha um ou uma série de recursos durante um período de tempo ou ao longo da vida (Blondel, 2003). Esse agrupamento não necessariamente segue um agrupamento filogenético. Paralelo às guildas, os grupos funcionais foram definidos como grupos de espécies que têm a mesma função no ecossistema, proporcionando serviços ecossistêmicos similares (Cummins 1974). Embora as guildas e os grupos funcionais sejam conceitos diferentes, o primeiro com foco na partilha de recursos e o segundo com foco nos processos do ecossistema, os grupos formados por ambas as abordagens frequentemente se sobrepõem (Simberloff e Dayan 1991; Blondel 2003).

A utilização de guildas em estudos ecológicos permite descrever a estrutura trófica e as interações alimentares dentro das assembleias, e principalmente compreender as relações entre as próprias guildas (Specziár e Rezsú 2009). Além disso, a proporção de indivíduos distribuídos nas guildas de uma comunidade descreve a organização funcional do sistema sem referências a espécies particulares. Em plantas, as principais guildas de artrópodes são: predadores, parasitoides, formigas, herbívoros e detritívoros (Moran e Southwood 1982), podendo estas serem ainda subdivididas, em grupos menores de acordo com o modo de utilização do recurso alimentar (Novotny *et al.* 2010).

Os principais estudos que adotaram a classificação em guildas para avaliar a comunidade de artrópodes arborícolas como um todo foram realizados no dossel de florestas e focaram na proporção de cada guilda dentro da comunidade (Moran e Southwood 1982; Stork

1987; Basset e Arthington 1992). No entanto, pouco se sabe sobre o papel que uma guilda pode exercer sobre a outra, principalmente no ambiente do sub-bosque. Formigas e aranhas, por exemplo, que estão entre os predadores artrópodes terrestres mais abundantes (Holldobler e Wilson 1990; Wise 1993), podem afetar a estrutura da comunidade de artrópodes em plantas, principalmente de insetos herbívoros (Izzo e Vasconcelos 2005). Devido ao seu comportamento predatório, as formigas que forrageiam em plantas frequentemente reduzem a abundância de herbívoros e conseqüentemente a taxa de herbivoria nas plantas (Janzen, 1966; Vasconcelos, 1991). De modo semelhante, as aranhas exercem um importante papel no controle populacional de insetos (Reichert e Bishop 1990, Carter e Rypstra 1995) e podem atuar como importantes agentes de controle biológico, diminuindo a densidade de insetos que vivem sobre as plantas (Wise 1993).

Além das interações entre os indivíduos, a complexidade estrutural e a espécie da planta também podem afetar a estrutura das assembleias de artrópodes que vivem sobre as plantas. A complexidade estrutural da planta representa possibilidades de locais para nidificar, forragear, encontrar parceiros sexuais e se alimentar, no caso dos herbívoros (Halaj *et al.* 2000, Tews *et al.* 2004). Enquanto a espécie da planta responde pela diversidade de estruturas físicas e químicas que atraem (e.g. nectários extraflorais, domáceas) ou repelem insetos, especialmente herbívoros (e.g. compostos secundários, tricomas foliares).

Neste trabalho nós investigamos como a abundância de indivíduos das guildas de invertebrados encontrados sobre as plantas varia em relação à abundância de predadores (aranhas e formigas) entre dois gêneros de plantas: *Inga* Mill. e *Protium* Burm. f. Uma vez que *Inga* possui nectários extraflorais, esperamos encontrar um efeito maior da presença das formigas sobre as outras guildas de artrópodes, diferente de *Protium* que não possui nectários, porém é rico em defesas químicas anti-herbivoria.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem

As coletas foram realizadas em abril de 2016 na Reserva Ducke (02°55' a 03°01'S e 59°53'a 59°59,5'W), localizada em Manaus, Amazonas. A Reserva possui uma área de 100 km² coberta por floresta tropical úmida de terra firme (Hopkins 2005) de dossel fechado, com árvores entre 30 e 37 metros de altura (Costa *et al.* 2005) e com sub-bosque caracterizado pela

pouca luminosidade e presença de palmeiras acaules (Guillaumet e Kahn 1982). O clima é tropical úmido e a umidade relativa do ar média é de 80% (Ribeiro *et al.* 1999). A temperatura média é de 26°C e a precipitação anual varia entre 1500 e 2500 mm (Alencar *et al.* 1979), com estação chuvosa de novembro a maio, e queda considerável na precipitação nos meses restantes (Marques-Filho *et al.* 1981).

A Reserva possui uma grade de trilhas de 64 km² com 72 parcelas permanentes de 1 ha (250 por 40 m), que estão distantes a pelo menos 1 km entre si e seguem a curva de nível do terreno, minimizando a variação edáfica ao longo da parcela (Magnusson *et al.* 2005) (Figura 1). As coletas foram realizadas em 10 destas parcelas, sendo que em cada uma foram selecionadas 6 plantas do gênero *Protium* (Burseraceae) e 6 do gênero *Inga* (Fabaceae), com altura entre 1,4 e 2,4 metros para controlar a área de substrato da fauna associada. As plantas do gênero *Inga* possuem folhas compostas com nectários extraflorais bem desenvolvidos entre cada par de folíolos. Estes nectários atraem formigas e insetos parasitoides que coletam o néctar secretado e protegem a planta contra o ataque de herbívoros (Diaz-Castelazo 2005; Koptur 2000). *Protium* caracteriza-se pela produção de resinas oleosas constituídas de triterpenos tetracíclicos e pentacíclicos, que são substâncias que repelem ou diminuem o ataque por herbívoros (Simões *et al.* 2007). Estes gêneros foram escolhidos por possuírem características físicas e químicas distintas e, possivelmente, uma fauna de invertebrados associada diferente.

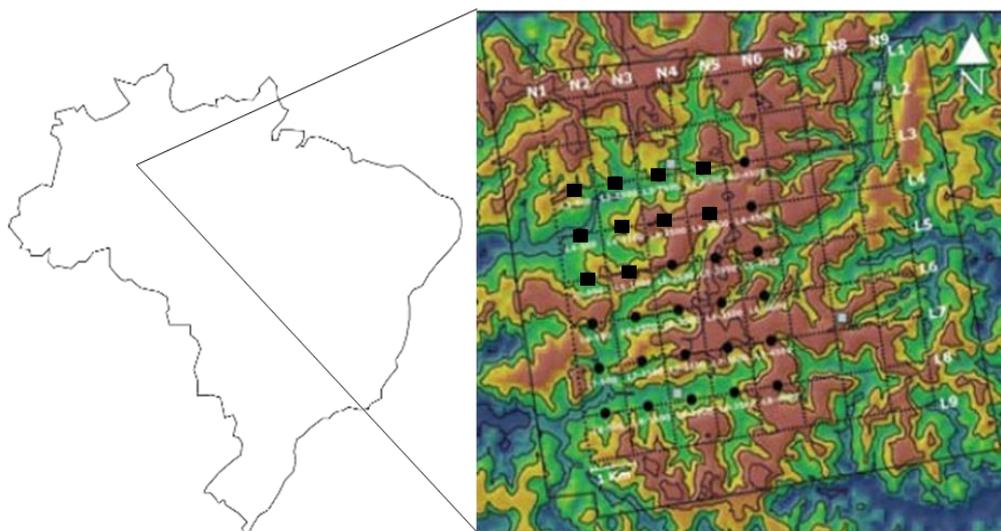


Figura 1 Mapa da Reserva Ducke. Os círculos representam as parcelas permanentes e os quadrados representam as 10 parcelas onde foram feitas as coletas.

Os artrópodes presentes nas plantas foram coletados com Socket-trap, que consiste no ensacamento rápido da parte aérea da planta seguido da amostragem dos espécimes. Este método foi escolhido porque produz amostras robustas da fauna de artrópodes presentes na planta no momento da amostragem, o que permite uma avaliação mais segura dos padrões de co-ocorrência entre as assembleias de invertebrados (Lopes *et al. in prep*).

Os indivíduos da classe Insecta foram identificados ao nível de família (Borrór *et al.* 2002; Rafael *et al.* 2015) e os exemplares das demais classes ao nível de ordem. O número de exemplares de cada família ou ordem foi contado e os taxa foram agrupados em guildas. A classificação em guildas foi baseada no hábito alimentar dos adultos conforme descrito na literatura e em trabalhos que também adotaram a classificação de artrópodes em guildas (Moran e Southwood 1982; Basset e Arthington 1992; Lamarre *et al.* 2015; Rafael *et al.* 2015).

Foram reconhecidas as seguintes guildas e subdivisões: Detritívoros, Formigas, Herbívoros (subdivididos em herbívoros mastigadores e herbívoros sugadores), Onívoros, Parasitoides e Predadores (subdivididos em aracnídeos predadores e insetos predadores). Foram classificados como Onívoros as famílias ou classes em que existem dois ou mais hábitos alimentares e como detritívoros aquelas com indivíduos que se alimentam de madeira, fungos e matéria em decomposição. As famílias e classes que compõem cada guilda estão representadas nos anexos 1 e 2.

Análises estatísticas

A abundância de cada guilda (Detritívoros, Herbívoros mastigadores, Herbívoros sugadores e Onívoros) por parcela para cada gênero de planta foi padronizada em média zero e desvio padrão 1. Aplicamos a mesma padronização para os dados de abundância de formigas e aranhas por parcela e por espécie de planta. A padronização adotada confere o mesmo peso às parcelas (unidades amostrais) nas análises descritas a seguir, minimizando o efeito de grande concentração de herbívoros ou predadores em algumas plantas (concentração de insetos fitófagos da mesma coorte logo após a emergência, ou a presença de uma colônia de formigas na planta, por exemplo). Optamos por investigar o papel das formigas e dos predadores aracnídeos, porque a abundância de predadores da classe Insecta foi relativamente pequena nas plantas amostradas. Não incluímos análises entre predadores (formigas ou aranhas) e insetos parasitoides, porque as relações entre esses grupos não estão bem estabelecidas.

A abundância de invertebrados por guilda foi comparada por Análise de Covariância (ANCOVA), onde a quantidade de invertebrados por guilda foi a variável dependente, o gênero da planta (*Inga* ou *Protium*) foi a variável preditora categórica e a quantidade de aranhas ou de formigas foram as variáveis preditoras contínuas. Foi realizada uma análise para cada guilda e cada grupo de predadores (formigas e aranhas) e a interação entre abundância de predadores e gênero de planta também foi investigada. Por fim, a correlação entre a abundância de formigas e a abundância de aranhas encontradas em cada gênero de planta foi investigada por uma análise de correlação de Pearson. Nesse caso, foram usados os dados brutos, não padronizados. As análises foram feitas através do software estatístico R (R-Core Team 2016), e em todos os casos, a unidade amostral foi a parcela.

RESULTADOS

Foram amostrados 874 artrópodes em *Protium* e 842 em *Inga*, distribuídos nas classes Arachnida, Chilopoda, Diplopoda, Insecta e Malacostraca. A classe Insecta foi a mais abundante, com 616 indivíduos em *Protium* e 576 em *Inga*, distribuídos em 87 famílias amostradas.

A proporção das guildas foi similar entre os gêneros de plantas investigados. Nas plantas do gênero *Protium* a guilda dos predadores foi a mais abundante, e representou 25% da fauna coletada, seguido de detritívoros (24%), formigas (19%), herbívoros (16%), onívoros (12%) e parasitoides (4%). Para *Inga*, os predadores também foram os mais numerosos (27%), seguidos de detritívoros (22%), formigas (22%), herbívoro (14%), onívoro (12%) e parasitoides (3%).

Houve interação entre a abundância de detritívoros e de formigas entre os gêneros de plantas ($F_{1,16} = 6.478$, $p = 0.021$), indicando que as relações entre formigas e detritívoros dependem do gênero de planta. A abundância de formigas foi negativamente relacionada com a abundância de detritívoros nos dois gêneros de plantas, mas foi mais acentuada nas plantas do gênero *Inga*. A abundância de formigas foi positivamente relacionada com a abundância de herbívoros sugadores, independente do gênero de planta ($F_{1,16} = 6.586$, $p = 0.020$). Não houve relação entre a abundância de formigas e a abundância de herbívoros mastigadores ($F_{1,16} = 0.013$, $p = 0.912$), nem entre abundância de formigas e abundância de onívoros ($F_{1,16} = 0.272$, $p = 0.609$) entre os gêneros de plantas investigados (Figura 2).

A abundância de aranhas esteve positivamente relacionada com a abundância de detritívoros ($F_{1,16}= 16.752$, $p < 0.001$) independente do gênero de planta. Já a abundância de herbívoros sugadores foi negativamente relacionada com a abundância de aranhas por parcela, independente do gênero de planta ($F_{1,16}= 5.469$, $p = 0.0327$). Não houve relação entre abundância de aranhas e abundância de herbívoros mastigadores ($F_{1,16}= 0.695$, $p = 0.417$) e entre abundância de aranhas e abundância de onívoros ($F_{1,16}= 1.450$, $p = 0.2461$) (Figura 3). Também não encontramos relação entre a abundância de aranhas e a abundância de formigas por parcela ($F_{1,16}= 0,625$, $p=0,44$) (Figura 4).

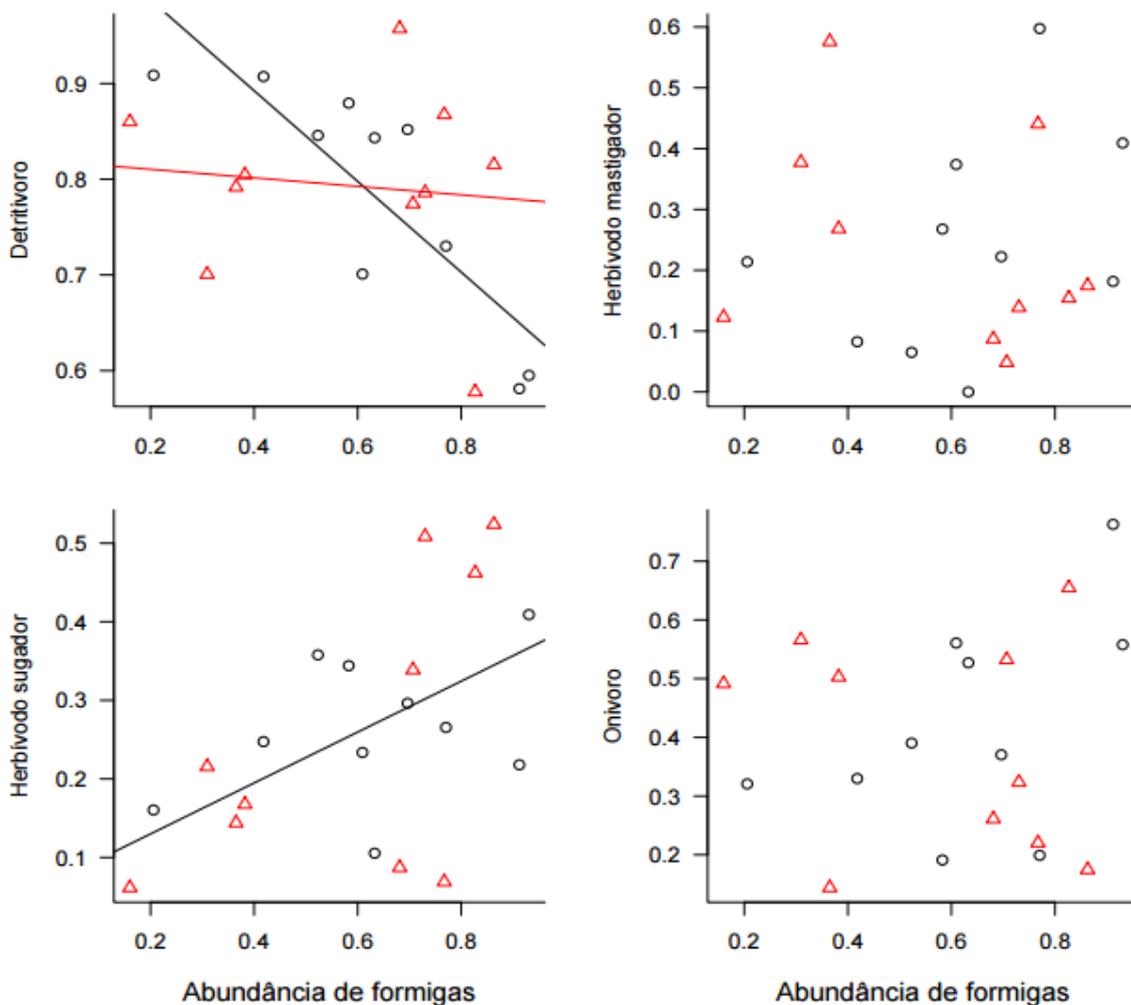


Figura 2. Relação entre a abundância de formigas e a abundância de detritívoros, herbívoros mastigadores, herbívoros sugadores e onívoros coletados em plantas de *Protium* e *Inga* na Reserva Ducke. Cada triângulo vermelho representa a abundância de insetos encontrados em 6 plantas do gênero *Protium* e cada círculo preto representa a abundância de insetos em 6 plantas do gênero *Inga*.

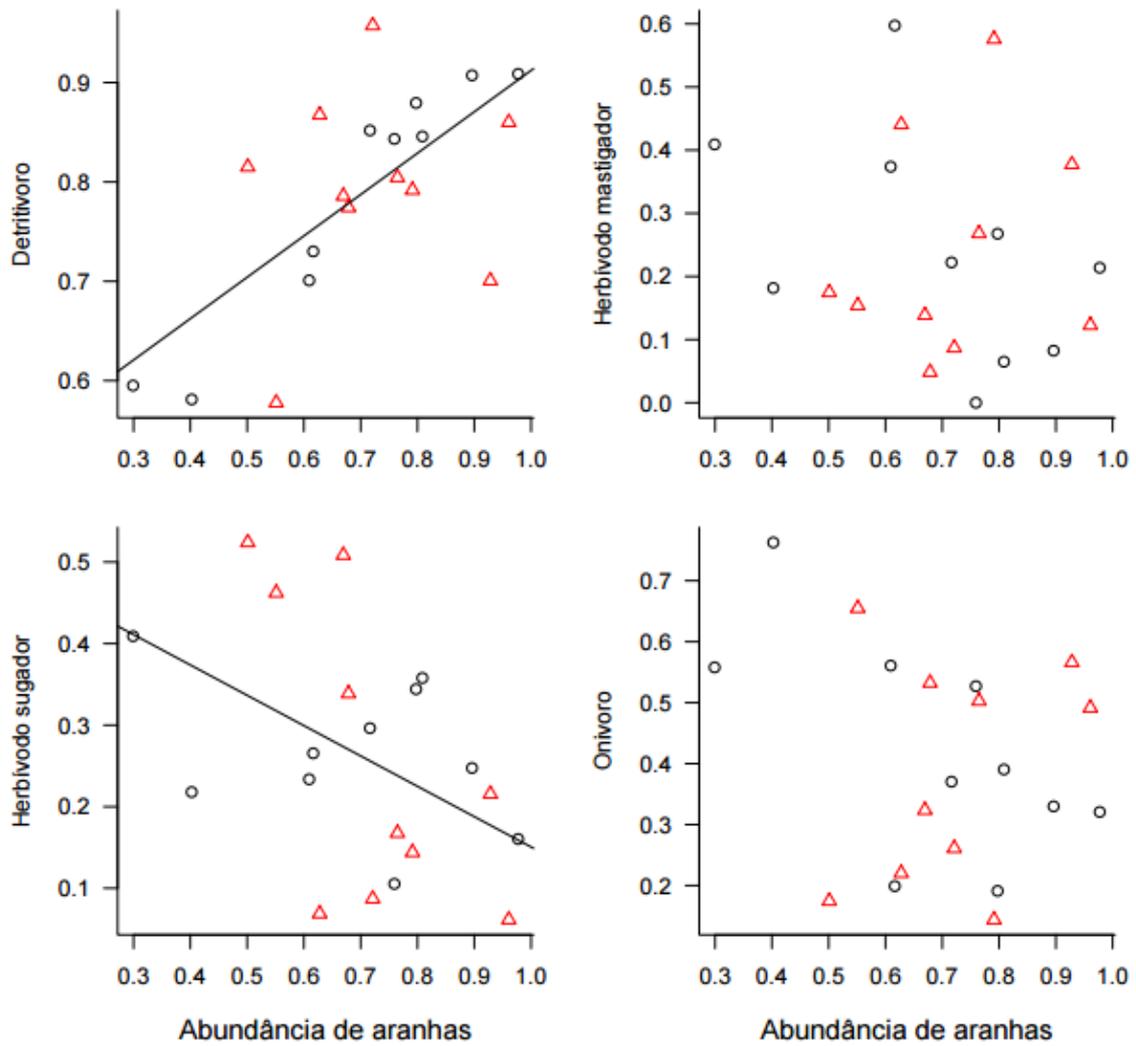


Figura 3. Relação entre a abundância de aranhas e a abundância de detritívoros, herbívoros mastigadores, herbívoros sugadores e onívoros coletados na Reserva Ducke. Triângulos vermelhos representam plantas do gênero *Protium* e círculos pretos representam plantas do gênero *Inga*.

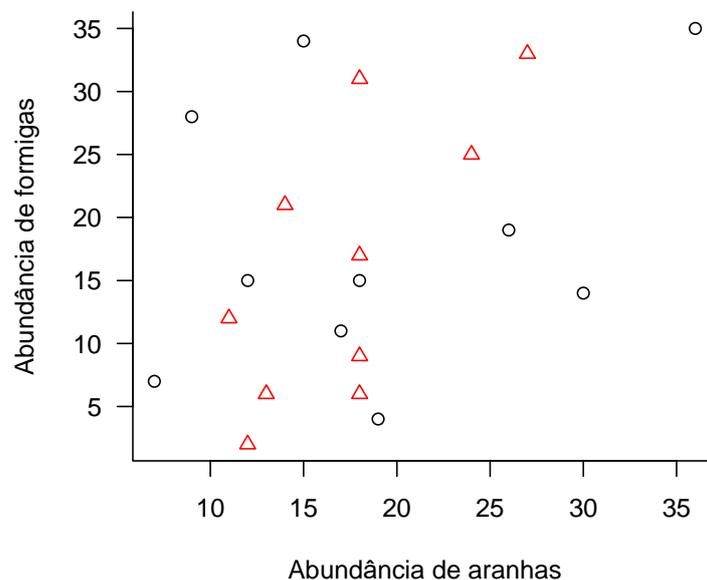


Figura 4. Relação entre a abundância de aranhas e formigas coletadas em plantas de *Protium* e *Inga* na Reserva Ducke. Triângulos vermelhos representam plantas do gênero *Protium* e círculos pretos representam plantas do gênero *Inga*.

DISCUSSÃO

Apesar da grande diferença fenotípica e de estratégias de defesa contra herbívoros entre *Protium* e *Inga*, nossos resultados revelaram uma proporção de artrópodes por guildas muito similar nesses dois gêneros de planta. A proporção semelhante de herbívoros em *Protium* e *Inga* já era esperada, uma vez que cada gênero possui um mecanismo de defesa contra herbivoria. A porcentagem de formigas em *Inga* foi ligeiramente maior que em *Protium*, provavelmente devido à presença dos nectários extraflorais neste gênero. A similaridade nas proporções dos detritívoros e das aranhas sugere que o tamanho e a estrutura das plantas é um fator importante para os artrópodes associados a plantas de sub-bosque. O tamanho da planta está correlacionado com a disponibilidade de matéria orgânica em decomposição, que é a principal fonte alimentar dos detritívoros, portanto plantas com alturas semelhantes podem abrigar quantidades semelhantes de detritívoros. O mesmo pode ter ocorrido para os predadores, que foram representados principalmente por aranhas, cuja distribuição depende da estrutura do habitat e da disponibilidade de presas (Halaj *et al.* 2000). Assim, a proporção de indivíduos por guilda pode ter sido muito similar porque a altura da planta foi padronizada neste trabalho. No entanto,

as relações entre os predadores e as outras guildas de artrópodes foram diferentes entre os gêneros de planta estudados.

A relação entre a abundância de formigas e detritívoros foi diferente entre os gêneros de planta, sendo mais acentuada em *Inga* comparado com *Protium*. Apesar de nosso trabalho lidar apenas com correlações, nossos resultados corroboram estudos experimentais, sugerindo que as formigas desempenham um papel importante no controle de outros insetos sobre as plantas (Leal e Peixoto 2016). Trabalhos recentes sugerem que os nectários extraflorais deixam as formigas mais ávidas por fontes ricas em nitrogênio (Ness *et al.* 2006). De acordo esta hipótese, uma alimentação rica em carboidratos, como a oferecida pelos nectários extraflorais, funciona como um agente promotor da atividade de forrageio mas não supre todas as necessidades metabólicas da colônia. Para suprir estas necessidades, as formigas passam a forragear mais ativamente em busca de fontes ricas em nitrogênio (já que energia é provida pelos nectários) e a probabilidade de predarem insetos aumenta (Ness *et al.* 2009). Assim, é possível que as formigas estejam consumindo mais insetos detritívoros em *Inga* e esta relação não esteja ocorrendo em *Protium* devido à ausência de nectários extraflorais neste gênero.

Diferentes guildas de herbívoros podem ser afetadas de maneiras diferentes pelas formigas presentes nas plantas (Schoereder *et al.* 2010; Neves *et al.* 2011). A guilda dos herbívoros mastigadores pode ter uma relação negativa com as formigas devido ao comportamento agressivo destas, que geralmente afugentam estes herbívoros da planta. No entanto, esta relação não foi detectada em nosso trabalho. Por outro lado, algumas espécies de Homoptera, que compõem a guilda dos herbívoros sugadores, estabelecem associações positivas com as formigas devido à produção de secreções açucaradas (honeydew) que servem de alimento para as formigas (Carroll e Janzen 1973). A relação entre formigas e homópteros é considerada mutualística, porque as formigas protegem suas fontes de honeydew de predadores (Rico-Gray e Oliveira 2007). Em nosso trabalho, os Homoptera responderam por 60% dos sugadores em *Protium* e 65% em *Inga* (Anexos 1 e 2). Além disso, Cicadellidae, cuja relação positiva com formigas é conhecida (Sudd 1987), foi a família mais abundante entre os Homoptera. Assim, a relação positiva entre herbívoros sugadores e formigas encontrada em nosso trabalho pode ser um indício da relação mutualística entre essas guildas.

Aranhas são predadoras generalistas que, apesar de não manterem uma forte associação com determinadas espécies de plantas, escolhem plantas com maior disponibilidade de recursos para habitar (Wise 1993). A relação positiva entre aranhas e detritívoros encontrada em nosso

trabalho é um indício desse comportamento, principalmente porque Collembola, que foi uma ordem abundante da guilda, é uma presa frequente de aranhas (Clarke e Grant 1968; Nentwig 1982; Sunderland *et al.* 1986). Possivelmente as aranhas estão seguindo suas presas e escolhendo plantas onde há mais recurso alimentar.

Insetos herbívoros também fazem parte da dieta de aranhas e esta relação pode ser benéfica para a planta, devido ao decréscimo da taxa de herbivoria e melhoria da nutrição e crescimento das plantas (Romero e Vasconcellos-Neto 2005). Para herbívoros mastigadores este efeito não foi detectado, no entanto, a relação negativa entre aranhas e herbívoros sugadores encontrada em nosso trabalho pode ser um reflexo da proteção que as aranhas proporcionam à planta contra o ataque de herbívoros. É interessante destacar que a relação entre aranhas e herbívoros sugadores é inversa àquela entre formigas e sugadores. A ausência de um mecanismo compensatório, ou seja, o fato das aranhas não explorarem o *honeydew* fornecido pelos Hemiptera, pode ser o responsável por essa relação.

Apesar de alguns trabalhos mostrarem que formigas podem atacar aranhas (Henschel 1998; Vieira e Hofer 1994), bem como algumas espécies de aranhas podem preda formigas (Parker e Cloudsley-Thompson 1986; Cushing 1997), nenhuma relação aparente entre essas guildas foram detectadas nas plantas de *Protium* e *Inga* avaliadas neste trabalho. Esse resultado associado as correlações diferentes com outras guildas de insetos reforçam a importância da história de vida e comportamento de forrageio diferentes desses artrópodes. No entanto, a abundância das aranhas foi maior que a abundância das formigas nos dois gêneros de plantas. Esse resultado é interessante, uma vez que as formigas são frequentemente reportadas como os invertebrados mais abundantes, tanto no solo/folhíço (Fittkau e Klinger 1973) como no dossel de florestas tropicais (Basset 2003). A maior quantidade de aranhas que formigas pode estar relacionada com o hábito de forrageio de cada guilda. As aranhas são menos ativas que as formigas com relação ao forrageamento, estabelecendo teias de forrageio ou nidificando em folhas ou outras estruturas das plantas (Romero e Vasconcellos-Neto 2005). Desta forma, a quantidade de aranhas em uma planta pode ser “acumulada” ao longo do tempo, ao contrário da abundância de formigas que se mantém relativamente constante e representa o número de operárias forrageando naquele momento sobre a planta. Como o método de coleta utilizado neste trabalho amostra de forma mais completa as assembleias de invertebrados presentes nas plantas, este padrão pôde ser constatado aqui.

Devido à amplitude de hábitos alimentares das famílias ou ordens que foram agrupados na guilda onívoros, a ausência de relação entre a abundância de onívoros e de aranhas ou formigas já era esperado. A utilização desta guilda neste trabalho foi inevitável devido à classificação taxonômica que adotamos. A guilda dos onívoros abrigou tanto famílias notoriamente consideradas como onívoras, como também famílias com pouca informação sobre história natural (Lamarre *et al.* 2016). Dessa forma, a guilda dos insetos onívoros representa o grupo mais heterogêneo investigado neste trabalho. Apesar desse viés, as interações entre a comunidade de artrópodes presentes nas plantas ficam mais claras quando estes são agrupados e avaliadas em guildas.

Apesar das limitações apresentadas, nossa abordagem representa alguns avanços importantes, como a inclusão do maior número possível de artrópodes associados a dois gêneros de plantas e a avaliação das relações entre as guildas funcionais. Nossos resultados sugerem que a abundância dos indivíduos das guildas de artrópodes em plantas pode estar mais relacionada ao tipo e à abundância do predador, do que com o tipo de defesa ou estrutura da planta que serve de substrato. A única exceção foi a relação bem documentada entre maior abundância de formigas e plantas com nectários extraflorais, como as do gênero *Inga* (Falcão *et al.* 2016, Rico-Grey e Oliveira 2007). Nossos resultados também evidenciaram que a abundância de artrópodes por guilda é relativamente constante nos gêneros avaliados, e que aranhas e formigas podem interagir ou repelir as outras guildas de artrópodes, no entanto, a força das relações observadas foi relativamente fraca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alencar, J.C.; Almeida, R.A.; Fernandes, N.P. 1979. Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 9:163-198.

Basset, Y.; Arthington, A.H. 1992. The arthropod community associated with an Australian rainforest tree: abundance of component taxa, species richness and guild structure. *Australian Journal of Ecology*, 17:89-98.

Basset; Y., Cizek, L.; Cuénoud, P.; Didham, R.K.; Guilhaumon, F.; Missa, O.; *et al.* 2012. Arthropod diversity in a tropical forest. *Science*, 338:1481-1484.

Blondel J. 2003. Guilds or functional groups: does it matter? *Oikos*, 100:223–231

Borror, D.J.; Triplehorn, C.A.; Johnson, N.F. 2002. *An introduction to the study of insects*. Saunders College Publing, Philadelphia, 809p.

Carroll, C.R.; Janzen, D.H. 1973. Ecology of foraging ants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4: 213-257.

Carter, P.E.; Rypstra, A.L. 1995. Top-Down Effects in Soybean Agroecosystems: Spider Density Affects Herbivore Damage. *Oikos*, 72:433-439.

Clarke, R.D.; Grant, P.R. 1968. An experimental study of the roles of spiders as predators in a forest litter community. *Ecology*, 49:1152–1154.

Costa, F.R.C.; Magnusson, W.E.; Luizão, R.C. 2005. Mesoscale distribution patterns of Amazonian understory herbs in relation to topography, soil and watersheds. *Journal of Ecology*, 93:863-878.

Cummins, K. W. 1974. Structure and function of stream ecosystems. *BioScience*, 24:631-64.

Cushing P.E. 1997. Myrmecomorphy and myrmecophily in spiders: a review. *Florida Entomologist*: 165-193.

Davidson, D.W. 1997. The role of resource imbalances in the evolutionary ecology of tropical arboreal ants. *Biological Journal of the Linnean Society*, 61:153–181.

Diaz-Castelazo, C.; Rico-Gray, V.; Ortega, F.; Angeles, G. 2005. Morphological and secretory characterization of extrafloral nectaries in plants co coastal Veracruz, Mexico. *Ann. Bot.*, 96:1175-1189. doi: 10.1093/aob/mci270

Guillaumet, J.; Kahn, F. 1982. Estrutura e dinamismo da floresta. *Acta Amazonica*, 12:61-77.

Halaj, J.; Ross, D.W.; Moldenke, A.R. 2000. Importance of habitat structure to the arthropod food-web in Douglas-fir Canopies. *Oikos*, 90:139-152.

Henschel, J.R. 1998. Predation on social and solitary individuals of the spider *Stegodyphus dumicola* (Araneae, Eresidae). *Journal of Arachnology*, 26:61-69.

Holldobler, B.; Wilson, E.O. 1990. *The ants*. Harvard University Press, Cambridge, Belknap 732p.

Hopkins, M.J. 2005. Flora da Reserva Ducke, Amazonas, Brasil. *Rodriguésia*, 56:9-25.

Izzo, T.J.; H.L. Vasconcelos. 2005. Ants and plant size shape the structure of the arthropod community of *Hirtella myrmecophila*, an Amazonian ant-plant. *Ecological Entomology*, 30:650-656.

Janzen, D.H. 1966. Coevolution of mutualism between ants and acacias in Central America. *Evolution*, 20:249-275.

Koptur, S. 2000. Interaction among Inga, herbivores, ants, and insect visitors to foliar nectaries. In: Madkarni, N.M.; Wheelwigh, N.T. *Monte Verde: ecology and conservation of a tropical cloud forest*. Oxford University Press, New York. p. 277-278.

Lamarre, G.P.A.; Hérault, B.; Fine, P.V.A.; Lupoli, V.V.R.; Mesones, I.; Baraloto, C. 2015. Taxonomic and functional composition of arthropod assemblages across contrasting Amazonian forests. *Journal of Animal Ecology*. 85:227-39.

Lewinsohn, T.M.; Jorge, L.R.; Prado, P.I. 2012. Biodiversidade e interações entre insetos herbívoros e plantas. In Del-Claro, K.; Torezan-Silingardi, H. M. *Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva*. Technical books p275-289.

Magnusson, W.E.; Lima, A.P.; Luizão, R.; Luizão, F.; Costa, F.R.C.; Castilho, C.V. de; Kinupp, V.F. 2005. RAPELD: a modification of the Gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. *Biota Neotropica*, 5:1-6.

Marques-Filho, A.O.; Ribeiro, M.N.; Dos Santos, H.M.; Dos Santos, J. M. 1981. Estudos climatológicos da Reserva Florestal Ducke. IV. Precipitação. *Acta Amazonica*, 11:759-768.

Moran, V.C.; Southwood, T.R.E. 1982. The Guild Composition of Arthropod Communities in Trees. *Journal of Animal Ecology* Vol. 51, No. 1, pp. 289-306

Nentwig, W., 1982. Epigeic spiders, their potential prey and competitors: relationship between size and frequency. *Oecologia* 55:130–136

Ness, J.H.; Morris, W.F.; Bronstein, J.L. 2006. Variation in mutualistic potential among ant species tending extrafloral nectaries of *Ferocactus wislizeni*. *Ecology*, 87:912–921

Ness, J.H.; Morris, W.F.; Bronstein, J.L. 2009. For ant-protected plants, the best defense is a hungry offense. *Ecology*, 90:2823–2831.

Neves, F.S.; Fagundes, M.; Sperber, C.F.; Fernandes, G.W. 2011. Tri-trophic level interactions affect host plant development and abundance of insect herbivores. *Arthropod-Plant Interactions*, 5:351-357.

Novotny, V.; Miller, S.E.; Baje, L.; Balagawi, S.; Basset, Y.; Cizek, L.; *et al.* 2010. Guild-specific patterns of species richness and host specialization in plant-herbivore food webs from a tropical forest. *Journal of Animal Ecology*, 79,1193-1203.

Parker, J. R., Cloudsley-Thompson, J. L. 1986. Myrmecophilous spiders. *Newsl. British Arachnol. Soc.* 45:2-4.

Rafael, J.A.; Melo, G.A.R.; Carvalho, C.J.B.; Casari, A.S.; Constantino, R. 2012. *Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia*. Holos Editora, Ribeirão Preto, 796p.

Reichert, S.E.; L. Bishop. 1990. Prey control by an assemblage of generalist predators: Spiders in garden test systems. *Ecology*, 71:1441–1450.

Ribeiro, J.E.L.S.; Hopkins, M.J.G.; Vicentini, A.; Sothers, C.A.; Costa, M.A.S.; Brito, J.M. *et al.* 1999. *Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central*. Editora INPA/DFID, Manaus. 799p.

Romero, G.Q.; Vasconcellos-Neto, J. 2005. Interações tróficas entre plantas, herbívoros e aranhas. *In*: Gonzaga, M.O.; Santos, A.J.; Japyassú, H.F. (Ed.) *Ecologia e comportamento de aranhas*. Interciência, p.294-319

Root, R.B. 1967. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecol Monogr* 37:317–350

Schoereder, J.H., Sobrinho, T.G., Madureira, M.S., Ribas, C.R., Oliveira, P.S. 2010. The arboreal ant community visiting extrafloral nectarines in the Neotropical cerrado savanna. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 3:3-27.

Simberloff, D.; Dayan, T. 1991. The guild concept and the structure of ecological communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 22:115–43.

Simões, C.A.M.; Shenekel, E.P.; Gosmann, G.; Mello, J.C.P.; Mentz, L.A.; Petrovick, P.R. 2007. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 6ª ed. Editora da UFSC e UFRGS, Porto Alegre, 1104p.

Specziár, A.; Rezsú, E.T. 2009. Feeding guilds and food resource partitioning in a lake fish assemblage: an ontogenetic approach. *J. Fish Biol.*, 75:247-267.

Stork, N.E. 1987. Guild structure of arthropods from Bornean rain forest trees. *Ecol. Entomol* 12:69-80.

Sunderland, K. D., Fraser, A. M., Dixon, A. F. G. 1986b. Distribution of linyphiid spiders in relation to capture of prey in cereal fields. *Pedobiologia* 29:367–375.

Sudd, J.H. 1987. Ant aphid mutualism. *In*: A. Minks, A.K.; Harrewijn, P. (Eds.). *Aphids: Their biology, natural enemies and control*, Elsevier, Amsterdam, p.355-365.

Tews, J.; Brose, U.; Grimm, V.; Tielbörger, K.; Wichmann, M. C.; Schwager, M.; Jeltsch, F. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31: 79–92.

Vasconcelos, H.L. 1991. Mutualism between *Maieta guianensis* Aubl., a myrmecophytic meslatome, and one of its ant inhabitants: ant protection against insect herbivores. *Oecologia*, 87:295–298.

Vieira, R.S.; Hofer, H. 1994. Prey spectrum of two army ant species in central Amazonia, with special attention on their effect on spider populations. *Andrias*, 13:189-198.

Wise, D.H. 1993. *Spiders in Ecological Webs*. Cambridge University Press, Cambridge, 328p.

ANEXO 1 – INGA

Abundância de insetos por guilda, por família e a abundância relativa dentro da guilda (FRG %) coletados em 60 plantas de sub-bosque do gênero *Inga*, na Reserva Ducke, Amazonas, Brasil.

Guilda	Ordem	Família	Abundância	FRG(%)
Detritívoros				
	Archeognata	Meinertellidae	1	0,56
	Blattaria	Blaberidae	6	3,39
	Blattaria	Blattellidae	5	2,82
	Blattaria	Polyphagidae	2	1,13
	Blattaria	Termitidae	1	0,56
	Coleoptera	Endomychidae	2	1,13
	Coleoptera	Ptilidae	2	1,13
	Collembola	Bourletiellidae	4	2,26
	Collembola	Dicyrtomidae	4	2,26
	Collembola	Entomobryidae	101	57,06
	Collembola	Heteromuridae	15	8,47
	Collembola	Isotomidae	5	2,82
	Collembola	Katiannidae	1	0,56
	Collembola	Lepidocyrtidae	3	1,69
	Collembola	Neanuridae	2	1,13
	Collembola	Paronellidae	1	0,56
	Collembola	Sminthuridae	5	2,82
	Diptera	Drosophilidae	1	0,56
	Diptera	Sphaeroceridae	5	2,82
	Diptera	Tipulidae	1	0,56
	Diptera	Neriidae	1	0,56
	Polydesmida		7	3,95
	Psocoptera	Caeciliusidae	2	1,13
Formigas				
	Hymenoptera	Formicidae	182	100
Herbívoros mastigadores				
	Coleoptera	Chrysomelidae	17	32,08
	Coleoptera	Curculionidae	22	41,51
	Coleoptera	Elateridae	5	9,43
	Coleoptera	Mordelidae	1	1,89
	Orthoptera	Ommexechidae	2	3,77
	Orthoptera	Tettigonidae	6	11,32
Herbívoros sugadores				
	Hemiptera	Achilidae	4	6,25
	Hemiptera	Achilixiidae	3	4,69
	Hemiptera	Cecidomyiidae	17	26,56
	Hemiptera	Cicadelidae	16	25,00
	Hemiptera	Delphacidae	3	4,69

	Hemiptera	Dictyopharidae	1	1,56
	Hemiptera	Lygaeidae	1	1,56
	Hemiptera	Membracidae	1	1,56
	Hemiptera	Miridae	3	4,69
	Hemiptera	Pentatomidae	1	1,56
	Hemiptera	Schizopteridae	7	10,94
	Hemiptera	Derbidae	5	7,81
	Thysanoptera	Thripidae	2	3,13
Onívoro				
	Acari		61	64,89
	Diptera	Ceratopogonidae	5	5,32
	Diptera	Chironomidae	5	5,32
	Diptera	Culicidae	1	1,06
	Diptera	Phoridae	9	9,57
	Diptera	Psychodidae	2	2,13
	Diptera	Ulidiidae	1	1,06
	Isopoda		4	4,26
	Opiliones		2	2,13
	Orthoptera	Mogoplistidae	4	4,26
Parasitoide				
	Hymenoptera	Aphelinidae	1	3,85
	Hymenoptera	Bethylidae	5	19,23
	Hymenoptera	Braconidae	4	15,38
	Hymenoptera	Diapriidae	5	19,23
	Hymenoptera	Dryinidae	1	3,85
	Hymenoptera	Eulophidae	2	7,69
	Hymenoptera	Ichneumonidae	2	7,69
	Hymenoptera	Mymaridae	1	3,85
	Hymenoptera	Platygastridae	3	11,54
	Hymenoptera	Signiphoridae	2	7,69
Predador Arachnida				
		Aranha	189	100
Predador Insecta				
	Coleoptera	Cleridae	1	3,57
	Coleoptera	Histeridae	1	3,57
	Coleoptera	Staphylinidae	11	39,29
	Diptera	Dolichopodidae	4	14,29
	Diptera	Hybotidae	5	17,86
	Hemiptera	Reduviidae	5	17,86
	Mantodea	Mantoididae	1	3,57

ANEXO 2 - PROTIUM

Abundância de insetos por guilda, por família e a abundância relativa dentro da guilda (FRG %) coletados em 60 plantas de sub-bosque do gênero *Protium*, na Reserva Ducke, Amazonas, Brasil.

Guilda	Ordem	Família	Abundância	FRG(%)
Detritívoros				
	Blattaria	Blaberidae	3	1,42
	Collembola	Brachystomellidae	1	0,47
	Coleoptera	Brentidae	2	0,95
	Diptera	Calliphoridae	1	0,47
	Collembola	Dicyrtomidae	1	0,47
	Collembola	Endomychidae	1	0,47
	Collembola	Entomobryidae	108	51,18
	Orthoptera	Gryllidae	1	0,47
	Collembola	Heteromuridae	23	10,90
	Collembola	Isotomidae	4	1,90
	Psocoptera	Lachesilidae	1	0,47
	Collembola	Lepidocyrtidae	29	13,74
	Archeognata	Meinertellidae	2	0,95
	Collembola	Neanuridae	2	0,95
	Coleoptera	Nitidulidae	3	1,42
	Diptera	Sciaridae	1	0,47
	Collembola	Sminthuridae	15	7,11
	Diptera	Tipulidae	1	0,47
	Polydesmida		12	5,69
Formigas				
	Hymenoptera	Formicidae	162	100
Herbívoros mastigadores				
	Coleoptera	Chrysomelidae	21	27,63
	Coleoptera	Curculionidae	19	25,00
	Coleoptera	Elateridae	31	40,79
	Orthoptera	Eumastacidae	1	1,32
	Orthoptera	Ommexechidae	1	1,32
	Orthoptera	Tettigonidae	3	3,95
Herbívoros sugadores				
	Hemiptera	Achilidae	2	3,28
	Hemiptera	Cecidomyiidae	24	39,34
	Hemiptera	Cicadelidae	15	24,59
	Hemiptera	Delphacidae	2	3,28
	Hemiptera	Derbidae	5	8,20
	Hemiptera	Dictyopharidae	4	6,56
	Hemiptera	Schizopteridae	8	13,11

	Thysanoptera	Thripidae	1	1,64
Onívoro				
	Diptera	Ceratopogonidae	1	0,97
	Diptera	Chironomidae	7	6,80
	Diptera	Culicidae	1	0,97
	Diptera	Lauxaniidae	4	3,88
	Orthoptera	Mogoplistidae	5	4,85
	Diptera	Phoridae	5	4,85
	Diptera	Psychodidae	3	2,91
	Coleoptera	Scarabaeidae	2	1,94
	Orthoptera	Tridactylidae	1	0,97
	Orthoptera	Trigonidiidae	1	0,97
	Acari		66	64,08
	Isopoda		6	5,83
	Opiliones		1	0,97
Parasitoide				
	Hymenoptera	Braconidae	9	29,03
	Hymenoptera	Ceraphronidae	5	16,13
	Hymenoptera	Diapriidae	4	12,90
	Hymenoptera	Eulophidae	2	6,45
	Hymenoptera	Eulophidae	2	6,45
	Hymenoptera	Figitidae	2	6,45
	Hymenoptera	Mymaridae	1	3,23
	Hymenoptera	Platygastridae	6	19,35
Predador Arachnida				
	Arachnida	Arachnida	173	100
Predador Insecta				
	Mantodea	Acanthopidae	1	2,70
	Coleoptera	Cantharidae	3	8,11
	Coleoptera	Carabidae	1	2,70
	Coleoptera	Cleridae	3	8,11
	Diptera	Dolichopodidae	2	5,41
	Coleoptera	Histeridae	3	8,11
	Diptera	Hybotidae	4	10,81
	Hemiptera	Reduviidae	8	21,62
	Coleoptera	Staphylinidae	11	29,73
	Mantodea	Thespidae	1	2,70

SÍNTESE

Neste trabalho nós descrevemos um novo método de coleta da comunidade de artrópodes em plantas de sub-bosque. Este novo método demanda mais tempo de coleta que aqueles tradicionalmente utilizados para este tipo de amostragem (guarda-chuva entomológico e coleta manual), no entanto, amostra mais indivíduos, famílias e espécies de insetos, o que faz compensar seu uso. O novo método fornece uma visão mais abrangente e completa da diversidade de invertebrados arbóreos e pode ser aplicado no estudo de interação entre insetos e plantas, na avaliação da arquitetura de plantas, no monitoramento de insetos praga de cultivares agrícolas, entre outros. As amostras produzidas são robustas, e a partir desse material é possível desenvolver diversos estudos ecológicos mais completos. Neste trabalho também avaliamos como a abundância da guilda de predadores (aranhas e formigas) estão correlacionadas com a abundância das guildas de invertebrados encontrados em dois gêneros de plantas (*Protium* e *Inga*), que apresentam estratégias de defesa bem diferentes. Plantas do gênero *Protium* produzem compostos secundários, que podem ser tóxicos para alguns herbívoros, *Inga* por sua vez, possui nectários extraflorais ativos que nectários atraem formigas que em geral controlam a presença de herbívoros nas plantas. Nossos resultados mostraram uma proporção de artrópodes por guildas muito semelhante, apesar da grande diferença fenotípica entre estas plantas. No entanto, a relação entre a abundância de algumas guildas e a abundância dos predadores foi dependente do gênero de planta e o tipo de predador.

REFERÊNCIAS

Adis J.; Lubin, Y.D.; Montgomery, G.G. 1984. Arthropods in the canopy of inundated and Terra firm forest near Manaus, Brazil, with critical considerations on the Pyrethrum-fogging technique. *Stud. Neotrop. Fauna Envir.*, 19:223–36.

Basset, Y.; Arthington, A.H. 1992. The arthropod community associated with an Australian rainforest tree: abundance of component taxa, species richness and guild structure. *Australian Journal of Ecology*, 17:89-98.

Basset, Y.; Novotny, V. 1999. Species richness of insect herbivore communities on Ficus in Papua New Guinea. *Biological Journal of the Linnean Society*, 67:477–499.

Basset, Y.; Springate, N.D.; Aberlenc, H.P.; Delvare, G.A. 1997. A review of methods for sampling arthropods in tree canopies. In: Stork, N.E.; Adis, J.; Didham, R.K. *Canopy arthropods*. Chapman and Hall, London. p.27–52.

Ben-Moshe, A.; Dayan, T.; Simberloff, D. 2001 Convergence in Morphological Patterns and Community Organization between Old and New World Rodent Guilds. *The American Naturalist*, 158:484–495.

Erwin, T.L. 1983a. Beetles and other insects of tropical forest canopies at Manaus, Brazil, sampled by insecticidal fogging. In: Sutton, S.; Whitmore, R.C.; Chadwick, A.C. *Tropical Rain Forest: Ecology and Management*, Blackwell, Oxford p. 59–76.

Terry L. Erwin. 1983b. The Tropical Forest Canopy: the last biotic frontier. *Bull. Em. Soc. America*, 29:14-19.

Lewinsohn, T.M.; Jorge, L.R.; Prado, P.I. 2012. Biodiversidade e interações entre insetos herbívoros e plantas. In: Del-Claro, K., Torezan-Silingardi, H. M. (Eds) *Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva*. Technical books, Rio de Janeiro, Brasil. p275-289.

Moran, V.C.; Southwood, T.R.E. 1982. The Guild Composition of Arthropod Communities in Trees. *Journal of Animal Ecology* Vol. 51, No. 1, pp. 289-306.

Morse, D.R , Stork, N. E.; Lawton, J.H. 1988. Species number, species abundance and body length relationships of arboreal beetles in Bornean lowland rain forest trees. *Ecol. Entomol*, 13:25–37.

Ozanne, C.M.P. 2005. Sampling methods for forest understory vegetation. In: Leather, S.R., Lawton, J.H. Likens, G.E. (Eds) *Insect Sampling in Forest Ecosystems*. Blackwell, New Jersey. p.58–76.

Root, R.B. 1967. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecol Monogr*, 37:317–350

Southwood, T.R.E. 1961. The number of species of insect associated with various trees. *Journal of Animal Ecology*, 30:1–8.

Specziár, A.; Rezsú, E.T. 2009. Feeding guilds and food resource partitioning in a lake fish assemblage: an ontogenetic approach. *J. Fish Biol.*, 75:247–267.

Stork, N.E. 1987a. Guild structure of arthropods from Bornean rain forest trees. *Ecol. Entomol.*, 12:69–80.

Stork, N.E. 1987b. Arthropod faunal similarity of Bornean rainforest trees. *Ecol. Entomol.*, 12:219–26.

Stork, N.E. 1987c. Guild structure of arthropods from Bornean rain forest trees. *Ecol. Entomol* 12:69-80.

Silvestre, R.; Silva, R.R. 2001. Guildas de formigas da Estação Ecológica Jataí, Luiz Antônio, SP, sugestões para aplicação do modelo de guildas como bio-indicadores ambientais. *Biotemas*, 14:37–69.

Wilkens, R.T.; Vanderklein, D.W.; Lemke R.W. 2005. Plant Architecture and Leaf Damage in Bear Oak II: Insect Usage Patterns. *Northeastern Naturalist*, 12:153–168.

Zhang, Z.Q. 2011. Animal biodiversity: An introduction to higher-level classification and taxonomic richness. *Zootaxa*, 3148:7–12.