

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO- MCTI
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA- PPG-ENT

**INTERAÇÃO ENTRE BORBOLETAS (INSECTA: LEPIDOPTERA: HESPERIOIDEA E
PAPILIONOIDEA) E FLORES NA POLINIZAÇÃO DE *Lantana camara* L. (VERBENACEAE) NO
PERÍODO DE MAIOR E MENOR PRECIPITAÇÃO EM UM FRAGMENTO FLORESTAL URBANO
AMAZÔNICO.**

KELVE FRANKLIMARA SOUSA CÉZAR

Manaus, Amazonas

Maio, 2016

KELVE FRANKLIMARA SOUSA CÉZAR

**INTERAÇÃO ENTRE BORBOLETAS (INSECTA: LEPIDOPTERA: HESPERIOIDEA E
PAPILIONOIDEA) E FLORES NA POLINIZAÇÃO DE *Lantana camara* LINNAEUS
(VERBENACEAE) NO PERÍODO DE MAIOR E MENOR PRECIPITAÇÃO EM UM FRAGMENTO
FLORESTAL URBANO AMAZÔNICO.**

ORIENTADORA: Dra. ELIZABETH FRANKLIN CHILSON

COORIENTADOR: Dr. CARLOS EDUARDO PINTO

COORIENTADOR: Dr. JOSÉ WELLINGTON DE MORAIS

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Entomologia).

Manaus, Amazonas

Maio, 2016

xxxx CÉZAR, Kelve Franklimara Sousa

Interação entre borboletas (Insecta: Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) e flores na polinização de *Lantana camara* Linnaeus (Verbenaceae) no período de maior e menor precipitação em um fragmento florestal amazônico / Kelve Franklimara Sousa Cézar---Manaus: [s.n], 2016. Xii. 56.f.:il.

Dissertação (mestrado) --- INPA, Manaus, 2016

Orientadora: Elizabeth Franklin Chilson

Co-orientador: Carlos Eduardo Pinto; José Wellington de Morais

Área de concentração: Entomologia

1. Polinização- borboletas. 2. Frequência de visitação. 3. Espirotromba . I. Título.

CDD xx. ed. xxx. xxx

Sinopse:

Em um fragmento florestal amazônico, localizado em Manaus, AM, foi investigada a interação entre borboletas e *Lantana camara*. Foi avaliado se fatores como precipitação influenciam na oferta de recursos florais, na riqueza, abundância e frequência de visitação das borboletas. Também foi verificado se o tamanho da espirotromba, riqueza, abundância e frequência de visitação de espécies de borboletas influenciam na eficiência de polinização de *L. camara*.

Palavras-chave: Interação, polinização por borboletas, espirotromba, precipitação pluviométrica.

A minha mãe Valnice, e ao meu pai Wilson (*in memoriam*), dedico.

*No mistério do sem-fim
Equilibra-se um planeta
E, no jardim, um canteiro,
No canteiro, uma violeta
E, sobre ela, o dia inteiro
A asa de uma borboleta*

(Canção Mínima- Cecília Meireles)

Agradecimentos

Primeiramente agradeço ao meu Deus, por tornar possível a realização de mais uma etapa na minha vida.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA, pela oportunidade de cursar uma pós-Graduaçãoe por toda a infraestura fornecida para executar meus estudos.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Amazonas- FAPEAM, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Estudos Integrados da Biodiversidade Amazônica (INCT-CENBAM), também ao projeto Uso de abordagem taxonômica, ecológica e funcional para validar o uso de substitutos de espécies de formigas em monitoramento da biodiversidade na Amazônia (FAPEAM) .

Ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia- PPGEnt por me ocasionar, a possibilidade de aprender mais sobre os insetos- área que tenho grande prazer em estudar.

A Universidade Federal do Amazonas- UFAM, pela disponibilização do seu *Campus* que serviu de área de estudo para este trabalho e por ter me abrigado durante todas as atividades de campo, com muitas histórias para contar.

A minha orientadora Dra. Elizabeth Franklin, por aceitar realizar minha orientação, mesmo que as borboletas não fossem o alvo de sua área de pesquisa, por sempre estar disponível para me auxiliar no que fosse necessário, e por todas as sugestões sobre o trabalho e também por todas as cobranças.

Ao meu co-orientador Dr. Carlos Eduardo Pinto, por aceitar o desafio de trabalhar com uma pessoa da qual nunca havia ouvido falar, por toda a dedicação despendida, por sua paciência em responder cada dúvida e corrigir inúmeras versões deste trabalho.

Ao Dr. José Wellington por todo o auxílio prestado, pela resolução dos problemas burocráticos e financeiro.

Ao Laboratório de Sistemática e Ecologia de Invertebrados de Solo pelo acolhimento e por toda a ajuda prestada: Nikolas, Márlon, Breno, Camila; Inaura pelas dicas sobre o trabalho, pela alegria constante e por fornecer a todo o laboratório momentos de

interações nos animados cafés da manhã; Diego pelo auxílio, divertimento e inúmeras pedaladas compartilhadas nos campos que fizemos.

Ao Dr. Jorge Silva e ao MSc. Pedro Pequeno pelos auxílios nas análises estatísticas.

Ao Dr. Mike Hopkins pelo auxílio na saga das identificações das lantanas.

A Dra. Tânia Silva pela identificação das amostras de *Lantana* provenientes deste estudo.

A Dra. Gilcélia Lourido por me fornecer literaturas para a identificação das borboletas.

À turma de entomologia 2014 (entomo2014): Diego, Rafael, João, Douglas, David, Mario, Luís, Ladimir, Luciene, Janaína, Gleyson, Alberto (agregado), Guilherme, Thais, Samuel por todos os momentos compartilhados juntos, desde os mais tensos aos mais descontraídos, sempre muito bom estar entre de vocês, seus lugares ficarão guardados em minha memória, por me ensinar na prática que a união faz a força.

Ao Guilherme por compartilhar seu conhecimento, afinal quem é Tiozão tem muita experiência, por sempre me auxiliar quando lhe pedi socorro.

Ao Samuel, meu querido amigo, que sempre esteve ao meu lado, inclusive nas enrascadas que te enfiei, por toda preocupação quando estava em meus campos, por me proporcionar dezenas de gargalhadas e pela paciência em responder minhas perguntas.

A minha grande amiga Thais Vicente, com a qual compartilhei diversos momentos, por toda sua paciência e graciosa “delicadeza” que fazem de você especial. Você é um exemplo que guardarei de independência e responsabilidade. Por topar as aventuras que propus até mesmo as que “te queimam a cara”.

A todos os meus amigos que desejam meu sucesso, esse desejo é recíproco.

Aos meus irmão e irmã, sobrinhos e especialmente a minha mãe por todo seu amor e carinho e por todos os ensinamentos.

Ao meu amado esposo Jonas, que além de um amigo é um grande companheiro, sempre ao meu lado para o que der e vier, por ter ficado acordado comigo corrigindo os erros deste trabalho, por ter ido ao campo comigo inúmeras vezes, por seus conselhos valiosos e por compartilhar a vida comigo.

Resumo

As plantas desenvolveram características para atrair polinizadores, as chamadas síndromes de polinização. *Lantana camara* possui características que se encaixam nesta síndrome da polinização por borboletas. Borboletas, assim como outros polinizadores, podem ter sucesso ou não na polinização. Essa eficiência ou sucesso na polinização pode ter a interferência do tamanho da espirotromba, frequência de visitação e precipitação. Assim, os capítulos que compõem este estudo, abordam as seguintes questões: (1) a variação na precipitação pluviométrica afeta o sucesso reprodutivo de *L. camara* e a riqueza, abundância e frequência de visitação das borboletas? e (2) o tamanho da espirotromba e a taxa de visitas florais influenciam na eficiência polinizadora das borboletas? A Amazônia possui duas estações climáticas, que são as estações de mais e menos chuva, portanto, este estudo foi feito por meio de observações durante três meses em cada estação. Foram analisados 18 arbustos de *L. camara* ocorrentes em um fragmento florestal amazônico. Foram feitas comparações entre: concentração e volume de *L. camara* nos períodos climáticos; tamanho da espirotromba e a frequência de visitação das borboletas; riqueza e abundância de espécies de borboletas; riqueza, abundância e taxa de visitas florais das borboletas; riqueza, abundância de borboletas e os frutos gerados por *L. camara*; taxa de visitas das borboletas e o sucesso reprodutivo de *L. camara*; eficiência de polinização de borboletas e formação de frutos em *L. camara* nos períodos climáticos; diversidade de borboletas visitantes florais em cada estação. Os dados mostram que o néctar e o sucesso reprodutivo de *L. camara* foram diferentes nas estações de maior e menor precipitação. Quando há menos chuva, a planta possui maior quantidade de flores e oferta de néctar em maiores concentrações. O sucesso reprodutivo de *L. camara* é maior quando há visitação das borboletas. A frequência de visitação das borboletas é maior frente à maior riqueza e abundância desses lepidópteros que foi na estação de menos chuva. A eficiência de polinização das borboletas não é afetada pelo tamanho da espirotromba, e sim a taxa de visitas, quando mais visitas, maior será o sucesso reprodutivo da planta. Por isso, no período de menor precipitação houve maior taxa de frutificação da planta. Isso expõe as relações que existem entre os fatores abióticos como precipitação, as plantas e seus visitantes florais. Concluímos que o aumento da diversidade de borboletas influencia no sucesso reprodutivo de *L. camara*.

Palavras- chave: Interação; polinização por borboletas; espirotromba, frequência de visitação; precipitação pluviométrica.

Abstract

Plants developed features to attract pollinators, which is called pollination syndromes. *L. camara* has characteristics that fit the syndrome of pollination by butterflies. Butterflies, like other pollinators may or may not, pollinate flowers. This efficiency or success in pollination may be interfered from the size of proboscis, visitation rate, and precipitation. For this reason, the chapters of this study address the following questions: (1) Do the variations in rainfall affect the reproductive success of *L. camara* and the richness, abundance and rate of visitation of butterflies? and (2) Does the proboscis size and the rate of floral visitation influence pollinator efficiency of butterflies?, the Amazon has two seasons, which are the seasons of more rain and less rain. This study was done through observations for three months in each season. We analyzed 18 bushes of *L. camara* occurring in an Amazonian forest fragment. Comparisons were made between: concentration and volume of *L. camara* nectar each season; size of proboscis and visitation rate of butterflies; richness and abundance of species of butterflies; diversity, abundance and rate of floral visits of butterflies; diversity, abundance of butterflies and the fruits generated by *L. camara*; visit rate of butterflies and the reproductive success of *L. camara*; butterflies pollinating efficiency and fruit formation in *L. camara* in each season; diversity of flower visiting in butterflies in every season. Our data show that the nectar and the reproductive success of *L. camara* were different in season. When there is less rain, the plant has a higher quantity of flowers and higher nectar concentrations. The reproductive success of *L. camara* is greater when there is visitation by butterflies. The butterfly visitation rate is higher when there is a greater richness and abundance of butterflies, in the less raining season. We found that what affects butterflies pollination efficiency is the visitation rate and not the size of proboscis, where the higher rate of visits, the greater reproductive success of the plant. Therefore, there was a higher fruiting rate of the plant in periods of lower rainfall. This shows the relationship between abiotic factors, such as precipitation, with plants and their floral visitors. We conclude that the increase in butterflies diversity influences the reproductive success of *L. camara*.

Keywords: Interaction; Butterflies pollinators; Proboscis, Visitation rate; Rainfall

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL	1
OBJETIVOS	5
Geral.....	5
Específicos	5
HIPÓTESES	6
MATERIAL & MÉTODOS	6
I. Área de estudo	6
II. Biologia floral e fenologia de <i>L. camara</i>	8
III. Eficiência de polinização por borboletas.....	9
IV. Análise da variação temporal no processo de polinização	10
V. Identificação dos visitantes florais e análise morfométrica.....	11
VI. Análise estatística.....	11
CAPÍTULO I	14
INTRODUÇÃO	16
MATERIAL & MÉTODOS	18
I. Área de estudo	18
II. Morfologia, Biologia Floral e Fenologia	19
II. Tratamentos de polinização	21
III. Riqueza, abundância e frequência de visitação das borboletas visitantes florais de <i>L.camara</i>	22
IV. Análises estatísticas.....	22
RESULTADOS	23
I. Morfologia, Fenologia e biologia floral	23
II. Variação dos dados entre os períodos de maior e menor precipitação	28
DISCUSSÃO	34
I. Morfologia, Fenologia e biologia floral	34
II. Variação dos dados entre os períodos de maior e menor precipitação	36
CONCLUSÕES	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
CAPÍTULO II	46
INTRODUÇÃO	47
MATERIAL & MÉTODOS	49

I. Área de estudo e planta utilizada	49
II. Eficiência de polinização e coleta de borboletas	50
III. identificação dos visitantes florais e análise morfométrica	51
IV. Análises estatísticas.....	52
RESULTADOS	52
DISCUSSÃO	57
CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAL	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Variáveis utilizadas na análise de regressão linear simples.....	12
Tabela 2. Variáveis utilizadas para as análises de ANOVA e teste de Tukey.....	13
Capítulo I: Biologia floral e polinização por borboletas em <i>Lantana camara</i> Linnaeus (Verbenaceae) nas estações de maior e menor precipitação em um fragmento florestal urbano amazônico.....	14
Tabela 1. Resultado do teste de Tukey para a diferença entre a eficiência (razão fruto/flor) dos tratamentos de frutificação aplicados a <i>L.camara</i> . (N= 15.760 flores)....	27
Tabela 2. Média de concentração (%) e volume de néctar (µl) ao longo do dia, dos dois tipos de flor presentes nas inflorescências de <i>L. camara</i> . (N= 895 flores). Flores amarelas: recém abertas; Flores rosas: flores abertas há um dia.....	28
Tabela 3. Resultado do teste de Tukey para a relação entre os meses estudados, segundo a quantidade de flores de <i>L. camara</i> comportada em cada mês (N= 1.056 observações).....	29
Tabela 4. Resultado com valor de $p < 0,05$, do teste de Tukey referente aos tratamentos relacionados, somados as estações climáticas. Todos dos resultados do teste de Tukey, para os tratamentos e estações climáticas, estão no Apêndice I. (N= 1.056 observações).....	31
Tabela 5. Borboletas visitantes florais de <i>L. camara</i> , nas duas estações climáticas estudados, mais chuva e menos chuva. Abun= abundância; Visi= número de visitas....	32
Capítulo II. Influência da riqueza, abundância, frequência de visitação e tamanho da probóscide de borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) no sucesso reprodutivo de <i>Lantana camara</i> L.	46
Tabela 1. Tamanho (mm) da espirotromba das espécies de borboletas visitantes de <i>L. camara</i>	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fragmento florestal urbano- UFAM-Manaus-AM, estrada destacada em vermelho, com distribuição dos arbustos de *Lantana camara* L. Pontos amarelos= arbustos usados nos experimentos de polinização; pontos vermelhos= arbustos usados nos testes de biologia floral; pontos brancos= arbustos usados nos experimentos de biologia floral e testes de polinização Fonte: Google Earth, em 13/10/2015.....7

Figura 2. *Lantana camara* L. circulada em vermelho que se localiza na borda da estrada da UFAM. Fonte: Cezar, K.F.S., em 08/07/2015.....7

Figura 3. Inflorescência de *L.camara* para análise de biologia floral. A- Botão, B- flor aberta no dia, C- flor aberta em dias anteriores. Fonte: Cezar, K.F.S., em 08/07/2015....9

Figura 4. Morfometria da espirotromba da borboleta *Ascia monuste* (Linnaeus, 1764), umas das espécies visitantes florais de *L. camara*. A= comprimento, B= largura da espirotromba. Fonte: Cezar, K.F.S., em 22/08/2015.....15

Capítulo I: Biologia floral e polinização por borboletas em *Lantana camara* Linnaeus (Verbenaceae) nas estações de maior e menor precipitação em um fragmento florestal urbano amazônico.....14

Figura 1. Fragmento florestal urbano- UFAM-Manaus-AM, estrada destacada em vermelho, com distribuição dos arbustos de *Lantana camara* L. Pontos amarelos= arbustos usados nos experimentos de polinização; pontos vermelhos= arbustos usados nos testes de biologia floral; pontos brancos= arbustos usados nos experimentos de biologia floral e testes de polinização Fonte: Google Earth, em 13/10/2015.....19

Figura 2. Estigma e grãos de pólen de *L. camara*. A- Estigma imerso em gota de Peróxido de Hidrogênio 3%. B- Grãos de pólen depois do corante Carmim Acético, 1: grãos viáveis e 2: grão inviável. Fonte: Cezar, K.F.S., em 22/08/2015.....20

Figura 3. Inflorescência e flores de *L. camara*. A- Display de pouso para o visitante floral; B- Conformação das estruturas reprodutivas dentro da flor; C- Filete do androceu fundido ao tubo da corola; D- Ovário (corte longitudinal) com dois óvulos; E- Gineceu; F- Antese e deiscência das flores- 1, 2 e 3: são as flores marcadas para o acompanhamento da vida da flor.....25

Figura 4. Tratamentos de polinização aplicados as flores de <i>L. câmara</i> (N= 1.056 observações).....	26
Figura 5. Floração de <i>L. camara</i> em relação às estações de maior e menor precipitação. (N= 15.760 flores).....	29
Figura 6. Concentração e volume de néctar de <i>L. camara</i> medidas em 895 flores em um fragmento florestal urbano na UFAM em Manaus, nas estações de maior e menor precipitação.....	30
Figura 7. Tratamentos de polinização aplicados as flores de <i>L. camara</i> , nas estações de maior e menor precipitação. (N= 15.760 flores).....	31
Figura 8. Riqueza, abundância e frequência de visitação de borboletas visitantes florais de <i>L. camara</i> nas estações de maior e menor precipitação.....	34
Capítulo II. Influência da riqueza, abundância, frequência de visitação e tamanho da probóscide de borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) no sucesso reprodutivo de <i>Lantana camara</i> L.	46
Figura 1. Distribuição dos Indivíduos de <i>L. camara</i> ao longo da estrada do <i>campus</i> da Universidade Federal do Amazonas- UFAM. Pontos amarelos representam os arbustos estudados.Fonte: Google Earth, em 13/02/2016.....	50
Figura 2. Morfometria da espirotromba da borboleta <i>Ascia monuste</i> , umas das espécies visitantes florais de <i>L. camara</i> . A= comprimento, B= largura da espirotromba.....	51
Figura 3. Correlação entre o comprimento e a largura da espirotromba das borboletas visitantes florais (N =87).....	53
Figura 4. Correlação entre o número de visitas florais em cada semana e a quantidade de frutos formados após as visitas em <i>Lantana camara</i> (N=19 arbustos).....	54
Figura 5. Número de visitação e frutificação de cada família de borboletas visitantes florais de <i>L. camara</i> .; A- Frequência de visitação por família; B- Frutos gerados por <i>L. camara</i> após as visitas de cada família de borboleta. (N= 19 arbustos).....	55
Figura 6. Riqueza e abundância de borboletas em relação à frequência de visitação e frutos gerados por <i>L. camara</i> . A- Regressão entre a riqueza e visitas de borboletas; B- Regressão entre a abundância e frequência de visitação de borboletas a <i>L. camara</i> ; C-	

Regressão entre a riqueza e frutos de gerados por <i>L. camara</i> ; D- Regressão entre a abundância e frequência de visitação das borboletas a <i>L. camara</i> ; E- Regressão entre a riqueza e abundância de borboletas (N= 19 arbustos).....	56
--	----

INTRODUÇÃO GERAL

A maioria das espécies é confrontada com o desafio de interagirem, com, pelo menos, uma outra espécie (Thompson, 1997). No caso das interações entre animais e plantas, o início vem desde os primórdios da terra, tornando-se mais evidente na Era Mesozóica com o surgimento das angiospermas (plantas com flores) (Del Claro *et al.*, 2009). Conforme o ambiente estas interações podem ser classificadas em mutualísticas, antagônicas ou comensais (Thompson e Pellmyr, 1992; Thompson e Fernandez, 2006).

No mutualismo, os envolvidos na interação são beneficiados e geralmente, eles suprem recursos complementares ou serviços um do outro (Ricklefs, 2010). Esta relação é composta por um conjunto de entidades, espécies animais e vegetais, cuja dinâmica evolutiva é profundamente influenciada pelo resultado das interações, produzindo uma grande quantidade de processos co-evolutivos (Jordano *et al.*, 2003). As diferenças estruturais nas formas de mutualismo afetam mudanças evolutivas de maneiras distintas (Guimarães *et al.* 2007). O mutualismo comporta fortes interações assimétricas entre os organismo envolvidos (Fonseca e Ganade, 1996). Desse modo, espécies com maiores especializações de recursos podem interagir com espécies igualmente especialistas e também com espécies generalistas, explicitando a redução da concorrência intraespecífica e aumentando o número de espécies coexistindo (Bastolla *et al.* 2009). Em comunidades, as relações mutualísticas como a polinização, permitem que os envolvidos na interação se desenvolvam e continuem a co-evoluir (Thompson e Fernandez, 2006).

A polinização consiste na transferência de pólen até a superfície estigmática da flor (Faegri e Pijl, 1979; Maruyama e Oliveira, 2014), por isso tem um papel fundamental na reprodução das angiospermas. A transferência do pólen pode ser feita de maneira biótica- por animais e de maneira abiótica- vento e água. Em ecossistemas tropicais 98 a 99% das plantas com flores (Angiospermas) dependem de vetores bióticos, para realizarem a polinização (Bawa, 1990) e esta relação desempenha função crucial em comunidades (Memmott, 1999). De maneira geral, os polinizadores podem atuar na variabilidade genética das plantas, pois transportam o pólen para outras flores (Maruyama e Oliveira, 2014), influenciando a geração de sementes.

A maioria dos polinizadores visita um grande número de flores (Vosgueritchian, 2010). No entanto, isto não garante que todos eles sejam igualmente eficazes na polinização, uma planta pode ser visitada por vários polinizadores que variam em eficiência (Schemske e Horvitz, 1984). A morfologia floral pode interferir na eficiência dos polinizadores (Lau e Galloway, 2004). A forma da flor pode favorecer a transferência de pólen entre as flores e desestimular ou impedir o acesso aos recursos florais por outros animais que não os agentes de polinização mais eficientes (Aigner, 2004).

As plantas desenvolveram mecanismos nas flores para atrair determinados grupos de vetores bióticos, aumentando a probabilidade de sucesso na polinização (Stebbins, 1970). Estes fatores incluem a disponibilidade de recursos e o ajuste da morfologia da flor a seus visitantes (Torezan-Silingardi, 2012). De acordo com a teoria do forrageamento ótimo, uma planta que oferece maior recompensa em recursos, será visitada por mais indivíduos (Fretwell e Lucas, 1970; Pleasants, 1981) e também maior quantidade de espécies visitantes (Possingham, 1992). Stang *et al.*, (2006) observaram que a profundidade e largura do tubo da flor define o limite de tamanho para a morfologia de visitantes florais, dessa forma, espécies cuja probóscide é mais curta ou mais espessa que a estrutura em que está escondido o néctar, raramente visitam a flor.

O conjunto de características florais, associados à atração de grupos específicos de polinizadores é denominado síndrome de polinização (Fenster *et al.*, 2004). As síndromes de polinização são úteis para a compreensão dos mecanismos de diversificação das flores e à organização dos polinizadores em guildas ou grupos funcionais (Dafni, 1992; Torezan-Silingardi, 2012). Faegri e Pijl (1979) listam pelo menos oito tipos de síndromes, porém, hoje são encontrados mais que oito denominações de síndromes de polinização. Dentre estas síndromes está a psicofilia ou polinização por borboletas. Esta síndrome é caracterizada por flores com antese diurna; forma ereta, hipocrateriformes, tubulares, em forma de pincel e às vezes cálceres; cores amarela, laranja, vermelho, azul, roxo e rosa; geralmente com guia de néctar e com recurso floral quase que exclusivamente néctar, com poucos grãos de pólen e odor agradável (Rech *et al.*, 2014).

As borboletas são consideradas como pouco eficientes no processo de polinização, denotadas apenas de visitantes florais ou pilhadoras de recursos (Wiklund

et al., 1979). Contudo, essa idéia pode ser diferente, devido a trabalhos que afirmam que a efetividade de polinização, varia entre as espécies de borboletas, incluindo as tropicais (Bloch *et al.*, 2006; Gilbert, 1972; Cruden e Hermann-Parker, 1979). Além disso, as borboletas são polinizadoras que percorrem longas distâncias com rotas fixas de forrageamento, podendo explorar vários tipos de flores, que outros visitantes talvez não explorem (Waddington, 1976; Gruden e Hermann-Parker, 1979).

O tamanho da espirotromba é um dos fatores importantes que podem influenciar no processo de polinização. Siqueira Filho (1988) relata que as borboletas Hesperiidae são ineficientes no processo de polinização de *Hohenbergia ridleyi* (Bromeliaceae), pois possuem espirotromba muito comprida e acabam não tocando nas estruturas reprodutivas da flor. O tamanho da espirotromba é proporcional ao tamanho da borboleta, por sua vez o tamanho das borboletas varia de acordo, com sua espécie (Krenn e Penz, 1998). Todas as seis famílias de borboletas (Hesperiidae, Papilionidae, Pieridae, Lycaenidae, Riodinidae e Nymphalidae) possuem representantes que se alimentam de néctar (nectarívoros), estes por sua vez são os candidatos a participarem dos eventos de polinização (DeVries, 1987).

Segundo Cruden e Hermann- Parker (1979) as borboletas co-evoluíram com a planta *Caesalpinia* (Fabaceae) e por isso elas são suas polinizadoras primárias. Algumas famílias de plantas foram descritas como sendo exclusivamente polinizadas por borboletas, entre elas está Verbenaceae (Willmer, 2011). *Lantana* é um dos gêneros de Verbenaceae, cujos representantes são plantas invasoras conhecidas vulgarmente como “chumbinho”, possuem distribuição cosmopolitas e possivelmente tenham sua origem nas partes tropicais e subtropicais do Continente Americano (Sousa e Costa, 2012). *Lantana* é conhecido por sua toxicidade, pois quando ingerido por bovinos, ovinos e caprinos pode causar sérios danos, entre eles fotossensibilidade, feridas abertas, nefrose e de acordo com a quantidade de planta ingerida, pode ser letal (Brito *et al.*, 2004; Bastianetto *et al.*, 2005).

Nem todas as espécies de *Lantana* são tóxicas, contudo, estudos de toxidez ainda não foram feitos com todas as espécies, sendo *Lantana camara* L. a mais estudada dentro do gênero. O foco deste estudo será *L. camara* que, refere-se a uma planta tóxica invasora, com atividade repelente (Sharma *et al.*, 1981; Dua *et al.*, 1996). *Lantana camara* é uma planta arbustiva, que comporta seis subespécies, uma delas possui

acúleos em seu tronco e pequenas folhas entre os frutos, (Sanders, 2012). Possui inflorescências com flores pequenas (de um a dois centímetros de comprimento) e tubulares, de coloração que varia de amarelo, alaranjado e rosa (Sanders, 2012), sendo estas, algumas características que as distingue das demais subespécies, e que a encaixam na síndrome da psicofilia.

De acordo com Rathcke e Lacey (1985), em áreas tropicais cujo clima é sazonal, a maioria das ervas floresce na estação chuvosa. As mesmas autoras também afirmam que a variação da presença de polinizadores pode influenciar a floração das plantas, e a floração pode influenciar a presença dos polinizadores. Existem migrações de beija-flores que são correlacionadas com o período de floração das plantas as quais eles polinizam (Waser, 1979). Igualmente, o aparecimento sazonal de mariposas coincide com o período em que há maior floração das plantas polinizadas por mariposas (Frankie *et al.*, 1974; Janzen, 1967).

A variação da precipitação é um fator que tem relação com o padrão sazonal de floração, oferta de recursos (Alencar, 1994; Araújo *et al.*, 2007; Gobbo-Neto e Lopes, 2007) e conseqüentemente na polinização, já que o número de visitação pode ser afetado. Algumas plantas sincronizam a fase de reprodução ao período de maior disponibilidade de água e nutrientes (Schaik *et al.*, 1993). Aleixo (2013) observou que mesmo e plantas que disponibilizam recursos o tempo inteiro podem ser influenciadas pela precipitação, sendo que o pólen, o néctar e os óleos tiveram picos de oferta diretamente relacionados com as estações chuvosa e seca. No caso de *Lantana*, a floração ocorre o ano todo (Castillo e Carabias, 1982), mas não é conhecido se a oferta de recursos ocorre da mesma maneira.

Quando há disponibilidade de água no solo, as plantas podem ter maior facilidade de absorção dos nutrientes do solo (Morellato, 1992), levando a irradiação, possivelmente ao florescimento, aumento nas populações e atividade dos animais polinizadores (Wikander, 1984). O comportamento dos visitantes florais é influenciado pela distribuição da comunidade vegetal e distribuição de recursos ao longo do tempo (Handel, 1983). Um exemplo é o número de visitas florais feitas por abelhas, que está positivamente relacionada com as condições meteorológicas, de maneira que nos períodos de maior precipitação, poucas visitas são feitas as flores (Singhe Singh, 1999). Outros grupos de visitantes como as borboletas, podem sofrer influência da precipitação

em sua riqueza e abundância (Anselmo *et al.*, 2013) levando conseqüentemente a alteração no número de visitas às flores.

Na Amazônia, em trabalho desenvolvido por Araújo (2006) na Estação Científica Ferreira Penna, Pará, mostrou que a abundância das borboletas Ithomiinae (Nymphalidae), diminuiu com o aumento da precipitação pluviométrica (período chuvoso). Porém, dados sobre a visitação de flores ainda não foram registrados. Com a possível redução da visita das borboletas e a possível alteração nos recursos, pode afetar a polinização. No entanto, não há na literatura algo que relate este evento nem para as borboletas nectarívoras nem para *Lantana*.

Toda a informação exposta até o momento explicita a existência e importância das relações entre animais e plantas e os fatores que podem influenciá-las. Desse modo, buscamos investigar a interação de *Lantana camara* com borboletas, através do processo de polinização, no qual algumas espécies podem ser mais eficientes que outras. Dentro da interação investigamos se: (1) o período climático afetará a oferta de recursos florais, a riqueza, abundância e frequência de visitação das borboletas; (2) a eficiência de polinização por borboletas será afetada pelo tamanho da espirotromba, riqueza, abundância e taxa de visitas florais. As relações entre as plantas e seus polinizadores são fundamentais, não apenas pelos auxílios nos processos de evolução, mas também pelo serviço prestado à subsistência humana. Com isso cremos que este trabalho externa através da relação (polinização) entre borboletas e *L. camara* na região amazônica, a valorização e divulgação dos serviços prestados pelas borboletas, que podem ser úteis em culturas e em vegetação silvestre.

OBJETIVOS

Geral

Investigar a interação entre borboletas e indivíduos de *Lantana camara* L. no período de maior e menor precipitação em um fragmento florestal urbano amazônico.

Específicos

- Avaliar se os aspectos morfológicos, fenológicos e da biologia floral de *L. camara* antese, receptividade do estigma, viabilidade polínica, concentração e o volume de

néctar diferem na estação de maior e menor precipitação em um fragmento florestal urbano amazônico.

- Investigar a eficiência de polinização por borboletas e a formação de frutos em *L. camara* nas estações de maior e menor precipitação do ano.
- Verificar se o tamanho da espirotromba e a frequência de visitação das borboletas estão relacionados à eficiência de polinização.

HIPÓTESES

H1: Haverá maior oferta de recursos de *L. camara* aos visitantes na estação de menor precipitação.

H2: A eficiência de polinização das borboletas e a quantidade de frutos formados por *L. camara* será maior na estação de menor precipitação.

H3: A eficiência das borboletas na polinização de *L. camara* estará positivamente relacionada com o tamanho da espirotromba das borboletas e a sua frequência de visitação. A taxa de visitas estará relacionada à riqueza e abundância das borboletas.

MATERIAL & MÉTODOS

I. Área de estudo

O estudo foi realizado no *Campus* da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), localizado entre as zonas leste e sul da cidade de Manaus, Amazonas, Brasil (03°04'34"S; 59°57'30"W) estando cercado por bairros e avenidas (Fig.1). O *Campus* é considerado o terceiro maior fragmento florestal urbano do mundo, comportando aproximadamente 600 hectares de áreas de baixio e platô, com floresta ombrófila densa de terra firme, área de campinarana e de plantio (PPBio, 2014). O clima da área é tropical úmido com duas estações, uma chuvosa, entre novembro e maio, e outra menos chuvosa, entre junho e outubro (Fisch *et al.*, 1998).

Foram estudados 18 indivíduos de *Lantana camara*, que estão distribuídos ao longo da estrada que dá acesso aos dois setores da UFAM- setor norte e setor sul. Os 18 indivíduos foram divididos entre estudo de biologia floral e experimentos de polinização, sendo 10 para estudo de biologia floral e 8 para os experimentos de polinização. (Fig. 2).

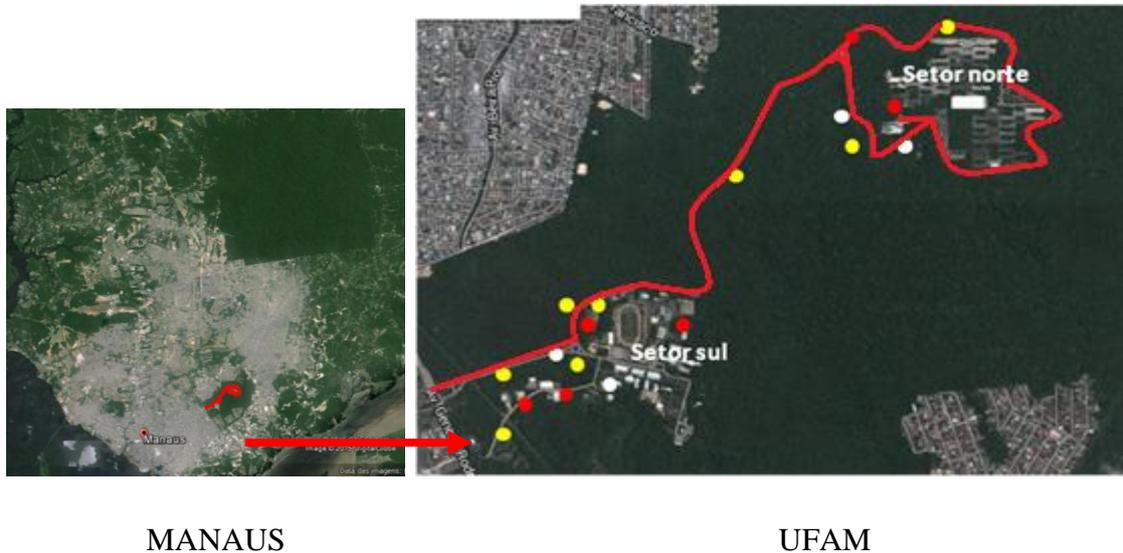


Figura 1. Fragmento florestal urbano- UFAM-Manaus-AM, estrada destacada em vermelho, com distribuição dos arbustos de *Lantana camara* L. Pontos amarelos= arbustos usados nos experimentos de polinização; pontos vermelhos= arbustos usados nos testes de biologia floral; pontos brancos= arbustos usados nos experimentos de biologia floral e testes de polinização Fonte: Google Earth, em 13/10/2015.



Figura 2. *Lantana camara* L. circulado em vermelho que se localiza na borda da estrada da UFAM. Fonte: Cezar, K.F.S., em 08/07/2015.

Borboletas

As borboletas estudadas foram as nectarívoras, que possuem representantes nas seis famílias do grupo, são elas: Hesperíidae, Papilionidae, Pieridae, Lycaenidae, Riodinidae e Nymphalidae. As borboletas nectarívoras são comumente encontradas em ambientes abertos e com bastante luz, onde geralmente localizam-se as plantas as quais elas visitam, e a estrada do campus é um exemplo deste tipo de ambiente.

II. Biologia floral e fenologia de *L. camara*

Antese, receptividade do estigma, viabilidade polínica, concentração e volume de néctar

Para estudar a biologia floral e fenologia de *L. camara* foram observadas 895 flores distribuídas em 60 inflorescências que foram ensacadas na fase de pré antese das flores. Sendo no máximo 5 inflorescências para cada um dos 10 indivíduos em cada período climático, considerando que na maioria das vezes foram observados os mesmos arbustos em cada estação, e que houve a substituição de arbustos em determinados casos. A cada hora, no horário das 6h às 18h, foi desensacada e verificada uma das inflorescências de um dos indivíduos. Desta, foram selecionadas e destacadas três flores da inflorescência- botão, flor aberta no dia e flor aberta em dias anteriores (Fig.3), para cada flor foi analisada a abertura e cor da flor, receptividade do estigma, viabilidade polínica, volume e concentração de néctar. Todos estes procedimentos foram feitos segundo o protocolo elaborado por Dafni *et al.*, (2005).

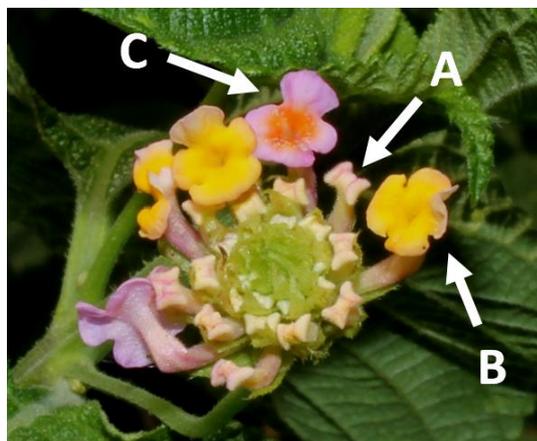


Figura 3. Inflorescência de *L.camara* para análise de biologia floral. A- Botão, B- flor aberta no dia, C- flor aberta em dias anteriores. Fonte: Cezar, K.F.S., em 08/07/2015.

A receptividade do estigma foi desenvolvida através de gotejamento de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) a 3% sobre o estigma da flor e visualizado com o auxílio de uma lupa com aumento de 40x.

Para a verificação da viabilidade polínica, foram maceradas as anteras presentes na flor, sobre uma lâmina e então gotejada o corante carmin acético e fixada a lamínula com esmalte incolor, para depois serem levadas para análise de microscopia, feita pelo método de varredura.

O volume do néctar foi analisado por meio de microcapilares de 2µl, após isso, o néctar contido no microcapilar foi posto em refratômetro manual calibrado de 0~32° Brix, para a observação da concentração do néctar.

III. Eficiência de polinização por borboletas

Para avaliar a eficiência de polinização foram marcados com fita verde, 9 indivíduos no período de mais chuva e 10 indivíduos no período de menos chuva, pois havia diferença, no número de indivíduos floridos nos dois períodos. A distância entre os indivíduos foi de no mínimo 30m, para que as amostras fossem consideradas independentes em relação à outra.

No total foram utilizadas no experimento de polinização 15.760 flores distribuídas em 940 inflorescências. Para cada indivíduo, foram ensacadas de maneira aleatória 10 inflorescências em pré antese (dia anterior a abertura das flores), com sacos de voil. Essas inflorescências foram distribuídas em cinco tratamentos, desse modo, foram duas inflorescências por tratamento no mesmo indivíduo. Os tratamentos feitos foram os seguintes:

- *Polinização por borboletas (visitas únicas)*: durante a antese, as flores foram desensacadas e assim permaneceram até receberem uma única visita das borboletas. Após isso, as flores visitadas foram marcadas com pincel

permanente e a inflorescência foi reensacada até que os frutos fossem gerados. Para saber a borboleta visitante, foi feita a coleta das borboletas após a visita, juntamente com ela, foram anotadas: hora, data, indivíduo, inflorescência e flor visitada, e também foi dado um número ao visitante. Caso as flores recebessem a visita de outros animais, essas flores eram descartadas.

- *Polinização cruzada manual*: durante a antese, os sacos de voil foram retirados, e a polinização foi feita manualmente com pólen exógeno. Utilizou-se fio de nylon correspondente a circunferência da espirotromba das borboletas visitantes- 0,20 mm, 0,25 mm e 0,30 mm. O nylon foi inserido no tubo da flor até tocar o estigma, simulando a polinização por borboleta. Este método foi utilizado para simular os visitantes de *Hancornia speciosa* Gomes por Darrault e Schlindwein (2002). Depois disso, as flores polinizadas foram marcadas com pincel permanente e a inflorescência foi reensacada até a formação dos frutos.
- *Autopolinização manual*: As inflorescências foram desensacadas durante a antese das flores. A polinização foi feita manualmente com fios de nylon correspondentes a circunferência da espirotromba das borboletas visitante, utilizando o pólen da própria flor. Feito isso, flores foram marcadas com pincel e as inflorescências foram ensacadas novamente.
- *Polinização aberta (controle)*: As inflorescências foram marcadas com fita verde e deixadas expostas a visitação durante toda a antese até a geração de frutos.
- *Autopolinização espontânea*: as inflorescências em pré antese foram ensacadas até sua queda ou frutificação.

IV. Análise da variação temporal no processo de polinização

O trabalho de campo (observação e experimentos das plantas e coleta das borboletas) foi feito nos dois períodos climáticos registrados para Amazônia: menos chuvoso, de junho a outubro, e chuvoso, de novembro a maio (Ananias *et al.*, 2010). A biologia floral ocorreu durante o mês de Maio- 2015 no período de mais chuva e durante o mês de Agosto- 2015 no período de menos chuva. Quanto aos experimentos de polinização foram feitos durante os meses de Abril, Maio e Dezembro- 2015 no

período de mais chuva e durante os meses de Junho, Julho e Agosto- 2015 no período de menos chuva.

V. Identificação dos visitantes florais e análise morfométrica

Após visitarem as flores das inflorescências marcadas, as borboletas foram coletadas com rede entomológica e fotografadas com câmera fotográfica- Cannon T3 Rebel- Lente 18-55 mm. A identificação das borboletas foi feita em campo, e em laboratório a olho nu, quando necessário utilizou-se lupa de mão. As borboletas que não foram possíveis de serem coletadas foram identificadas por meio de fotos feitas em campo, na hora da visita. A literatura utilizada para a identificação foi: Garwood e Lehman (2009), Lamas, (2004) e D'Abreira, (1981, 1984, 1987, 1988^a, 1988b, 1994), e os sites www.butterfliesofamerica.com e www.learnaboutbutterflies.com.

Em laboratório, as borboletas foram levadas para análise morfométrica da espirotromba. Foram medidos comprimento e a largura da espirotromba, com o auxílio de um paquímetro digital (Fig.4).

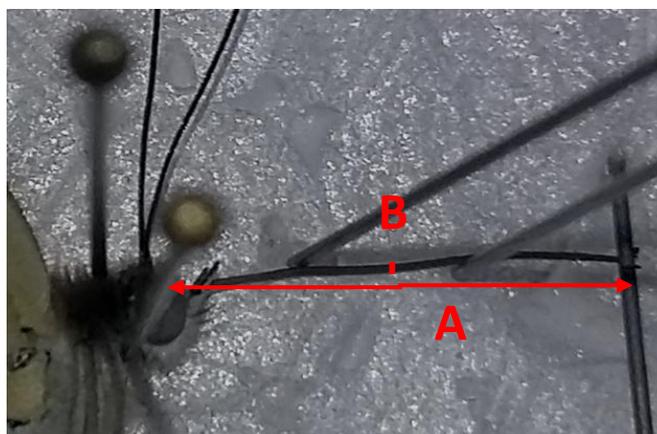


Figura 4. Morfometria da espirotromba da borboleta *Ascia monuste* (Linnaeus, 1764), umas das espécies visitantes florais de *L. camara*. A= comprimento, B= largura da espirotromba. Fonte: Cezar, K.F.S., em 22/08/2015.

VI. Análise estatística

Foi feita regressão linear simples, para verificar a relação entre: concentração e volume de néctar; sucesso reprodutivo de *L. camara*, comprimento de espirotromba e largura de espirotromba; abundância de borboletas, visitação de borboletas, sucesso reprodutivo de *L. camara* e riqueza de borboletas visitantes; visitação de borboletas, sucesso reprodutivo e abundância de borboletas (Tab.1).

A correlação de Pearson foi feita para verificar a taxa de visitas das borboletas em relação ao sucesso reprodutivo de *L. camara* (razão fruto/flor). A riqueza de borboletas foi determinada pela quantidade de espécies que visitaram as flores observadas de *L. camara*. Abundância de borboletas corresponde à quantidade de indivíduos coletados que visitaram as flores observadas de *L. camara*. A frequência visitação corresponde, a quantidade de vezes, cada espécie de borboleta visitou as flores observadas de *L. camara*. A diversidade foi medida pela riqueza, abundância e frequência de borboletas.

Tabela 1. Variáveis utilizadas na análise de regressão linear simples.

Variáveis dependentes	Variáveis independentes
Concentração de néctar	Volume de néctar
Sucesso reprodutivo de <i>L. camara</i>	Comprimento da espirotromba
Sucesso reprodutivo de <i>L. camara</i>	Largura da espirotromba
Abundância de borboletas	Riqueza de borboletas visitantes
Visitação de borboletas	Riqueza de borboletas visitantes
Sucesso reprodutivo de <i>L. camara</i>	Riqueza de borboletas visitantes
Visitação de borboletas	Abundância de borboletas
Sucesso reprodutivo de <i>L. camara</i>	Abundância de borboletas

Foi feito ANOVA e teste de Tukey para verificar as relações entre razão fruto/flor e os tratamentos de polinização; total de frutos, volume de néctar, concentração de néctar sobre às estações de maior e menor precipitação; riqueza, abundância, visitação de borboletas sobre famílias de borboletas em cada estação; comprimento, largura da espirotromba, taxa de frutos, frequência de visitação sobre as famílias de borboletas (Tab.2).

Tabela 2. Variáveis utilizadas para as análises de ANOVA e teste de Tukey.

Variáveis dependentes	Variáveis independentes
Razão fruto/flor	Tratamentos de polinização
Total de frutos	Estação de maior e menor precipitação
Volume de néctar	Estação de maior e menor precipitação
Concentração de néctar	Estação de maior e menor precipitação
Riqueza de borboletas	Famílias de borboletas em cada estação
Abundância de borboletas	Famílias de borboletas em cada estação
Visitação de borboletas	Famílias de borboletas em cada estação
Comprimento da espirotromba	Famílias de borboletas
Largura da espirotromba	Famílias de borboletas
Taxa de frutos	Famílias de borboletas
Frequência de visitação	Famílias de borboletas

Foi feito ANOVA dois fatores (Sokal e Rohlf, 1981) e teste de Tukey para verificar a relação entre sucesso reprodutivo de *L. camara* no período de maior e menor precipitação (variável dependente) e os tratamentos de polinização (variável independente).

Foi feito teste de Tukey para verificar a relação entre o número de frutos (variável dependente) e a diversidade de borboletas visitantes florais (variável independente). Os dados de diversidade foram obtidos a partir dos índices de Shannon; verificar a abundância e a frequência de visitas das borboletas nos períodos de menor e maior precipitação.

O índice de Shannon foi calculado no programa estatístico EstimateS 9.1.0 (Biodiversity estimation- Robert K. Colwell). Todas as análises foram feitas no programa estatístico R (The R Project for Statistical Computing) (Zar, 1996).

CAPÍTULO I

Biologia floral e polinização por borboletas em *Lantana camara* Linnaeus
(Verbenaceae) nas estações de maior e menor precipitação em um fragmento florestal
urbano amazônico

Resumo

Em áreas tropicais o regime de chuvas está dividido em estações mais e menos chuvosas. Mesmo em plantas perenes a precipitação pode influenciar o padrão fenológico, bem como a riqueza, abundância e frequência de visitação dos polinizadores. Estes são fatores que podem influenciar no sucesso reprodutivo da planta. *Lantana camara* Linnaeus é um arbusto perene que interage com as borboletas através da polinização (psicofília). Nós verificamos a variação no sucesso reprodutivo de *L. camara* nas estações de maior e menor precipitação em um fragmento florestal urbano amazônico. Analisamos a riqueza, abundância e o número de visitas das borboletas que frequentam esta planta e se a frequência de visitação influencia no sucesso reprodutivo de *L. camara*. Para verificar o sucesso reprodutivo de *L. camara* nas estações de maior ou menor precipitação, foi feito ANOVA dois fatores e Teste de Tukey (Sokal e Rohlf, 1981). Para verificar a diversidade de borboletas visitantes florais em cada período climático estudado, foi utilizado o índice de Shannon e, com estes dados, foi feito o Teste de Tukey. Para verificar a abundância e taxa de visitas das borboletas nas estações de menor e maior precipitação foi feito o Teste de Tukey. Nossos resultados mostram que os recursos florais e o sucesso reprodutivo de *L. camara* foram diferentes entre às estações de maior e menor precipitação. Também confirmamos nossa hipótese de que na estação de menor precipitação, a planta possui maior quantidade de flores e maiores concentrações de néctar. O sucesso reprodutivo de *L. camara* é maior quando há visitação das borboletas. A frequência de visitação das borboletas é maior frente à maior riqueza e abundância desses lepidópteros. Na estação menos chuvosa, a riqueza e a abundância de borboletas foram maiores, por isso, o mesmo ocorreu com a frequência de visitação. Dessa forma, houve maior taxa de frutificação da planta na estação de menor precipitação. Isso mostra as relações que existem entre os fatores abióticos como a precipitação, as plantas e seus visitantes florais.

Palavras chave- Padrão fenológico; Visitantes florais; Borboletas; Polinização; Néctar.

Abstract

In the tropical region the rainfall regime is divided in to of more or less rain seasons. Even in perennial plants precipitation can influence the phenological pattern, as well as richness, abundance and visitation rate of pollinators. These factors can influence the reproductive success of the plant. *Lantana camara* Linnaeus is a perennial shrub that is pollinated by butterflies. We investigated the variation in the reproductive success of *L. camara* in both of more or less rain seasons in an Amazonian forest urban fragment. We analyzed the richness, abundance and the number of visits of butterflies that frequent this plant, and whether the visitation rate influences the reproductive success of *L. camara*. Two factor ANOVA and Tukey tests (Sokal and Rohlf, 1981) were used to evaluate the reproductive success of *L. camara* in both more or less rain seasons. To evaluate the diversity of floral visitors butterflies in each climatic season the index of Shannon was used and, with this data, Tukey test were made. A Turkey test to evaluate the abundance of butterflies and visit rates in seasons of lowest and highest precipitation. Our results show that the floral resources and reproductive success of *L. camara* were different between the of more and dry seasons. We confirmed our hypothesis that when there is less rain, the plant has a greater number of flowers and higher concentrations of nectar. The reproductive success of *L. camara* is greater when there is more visitation by butterflies. The butterflies visitation rate is higher when there is greater richness and abundance of these insects, in the drien season, the richness and abundance of butterflies was higher as was the visitation rate. Thus, in drien season there was a higher rate of plant fruiting. This indicates the relationship between abiotic factors, such as precipitation, the plants and their floral visitors.

Keywords: Phenological pattern; Floral visitors; Butterflies; Pollination; Nectar

INTRODUÇÃO

Assim como os demais organismos o sucesso das plantas se deve a flexibilidade de adaptação ao meio e a capacidade de gerar descendentes, assim, o indivíduo com maior valor adaptativo em uma população é aquele que produz maior número de progênes (Büttow, 2012). Através do trabalho feito com plantas dióicas por de Camerarius em 1694, foi possível concluir que grande parte das plantas presentes no mundo era hermafrodita (Prestes *et al.*, 2009). Neste sentido, as plantas eram capazes de realizar auto fecundação, além da polinização cruzada (Franklin, 2001). No entanto, algumas desenvolveram mecanismos para evitar auto polinização, fazendo com que a reprodução cruzada contribua para obtenção de variação gênica (Raven *et al.*, 2014). As flores são as estruturas principais para a reprodução das plantas (Silveira e Sazima, 2012). Dessa maneira, elas compreendem uma das ferramentas utilizadas para o estudo da biologia reprodutiva nas plantas (biologia floral), uma vez que, comportam os órgãos sexuais do indivíduo (Cocucci e Mariath, 1995).

Estudos sobre biologia floral servem de suporte para pesquisas que abordam outros processos biológicos, como fenologia, polinização, dispersão, herbivoría e predação (Bawa *et al.*, 1989). O sucesso reprodutivo consiste no número de indivíduos que sobrevivem e reproduzem com sucesso posteriormente (Wiens *et al.*, 1987). Diversos fatores são avaliados para determinar o sucesso reprodutivo como: a eficiência de polinização pelos visitantes e fertilização; a alocação e recursos energéticos para produção de sementes; a predação de flores, frutos e sementes (Stephenson, 1981; Charlesworth, 1989; Horvitz e Schemske, 2002).

As plantas desenvolveram estratégias eficientes para o processo reprodutivo, permitindo a formação de características morfológicas, fisiológicas e genéticas (Silveira, 2010). Por não se locomoverem como os animais, as plantas, por vezes, dependem deles para aumentar a possibilidade de sucesso reprodutivo, a chamada polinização biótica (Janzen, 1972). É importante para a variabilidade genética das plantas que ocorra o exocruzamento, que pode ser realizado por animais vetores (Ingrouille, 1992). A eficiência de polinização depende dos requerimentos da espécie vegetal a ser polinizada (Camacho, 2003), ou seja, os mecanismos de polinização que a planta possui e obtém mais vantagens.

A eficiência de polinização também pode ser afetada pela riqueza, abundância e frequência de visitas dos polinizadores (Genini, 2011). Em áreas onde há maior riqueza de polinizadores, há maior frequência de visitação, elevando a quantidade de frutos gerados pelas plantas (sucesso reprodutivo) (Silva, 2010; Silva e Vieira, 2013). A riqueza e abundância de polinizadores podem ser influenciadas pela disponibilização de alimento, que, neste caso, são os recursos florais (Wolda, 1978). No entanto, há trabalhos que revelam, que, os fatores abióticos, como as chuvas também determinam a abundância de insetos herbívoros, tais como os polinizadores (Wolda, 1992). Os fatores abióticos e ecológicos podem modificar a abundância e a distribuição de recursos ofertados pelas plantas e, desta forma, a relação entre as plantas e polinizadores (Murphy e Lugo, 1986; Silveira, 2010).

A precipitação, temperatura e irradiação interferem em fenológicos (fenofases) que envolvem brotação, folhas, floração, frutificação e germinação de sementes, e levam a alteração na sobrevivência e sucesso reprodutivo da planta (Frankie *et al.*, 1974; Elzinga *et al.*, 2007). Em conjunto com a regulação de mecanismos endógenos, os fatores ambientais, principalmente a precipitação, influenciam a frequência da floração, o início da frutificação e o amadurecimento das sementes, principalmente pelo efeito do estado nutricional (Larcher, 2006). De acordo com a espécie vegetal, e dependendo das características morfológicas e fisiológicas, algumas plantas disponibilizam frutos nos períodos de estresse hídrico e outras disponibilizaram frutos no período chuvoso (Torquato, 2015).

Em áreas tropicais onde existe sazonalidade climática, a maioria das ervas floresce na estação chuvosa (Rathcke e Lacey, 1985). Existem plantas que sincronizam a fase de reprodução com o período de maior disponibilidade de água e nutrientes (Schaik *et al.*, 1993). Mesmo plantas que oferecem recursos constantemente são passíveis de sofrer influência da precipitação sobre sua reprodução, já que seu crescimento pode estar relacionado com a disponibilidade de água (Aleixo, 2013). Os picos de oferta de recursos, pólen e néctar, também mudam em função das estações de mais e menos chuva (Aleixo, 2013).

A quantidade de frutos está relacionada com a florada do indivíduo e a eficiência dos polinizadores. Mesmo plantas perenes em que a floração é constante, os níveis de produção de frutos podem ser influenciados pela precipitação, uma vez que a floração

também sofre influência (Tombalato *et al.*, 2004). Menezes e Oliveira (2007) observaram que em *Hemerocallis hybrida*- Asphodelaceae (planta ornamental perene), o pico de floração e frutificação ocorreu no período de menor precipitação, enquanto que no período de maior precipitação houve estagnação na produção de flores e frutos.

A precipitação influencia a fenologia das plantas, a fenologia por sua vez afeta a comunidade de polinizadores, e os polinizadores muitas vezes também são diretamente afetados pelos fatores climáticos (Kubota, 2009). A floração de *Lantana camara* Linnaeus é perene, porém, a pluviosidade pode afetar a fenologia, os recursos ofertados, a distribuição e o crescimento destas plantas (Carrión-Tacuri, 2012; Taylor *et al.*, 2012; Ramaswami e Sukumar, 2013), e, conseqüentemente, o sucesso reprodutivo.

A ação da precipitação nas borboletas, implica em sua influência sobre a riqueza, abundância de espécies (Stefaneus *et al.*, 2004), possivelmente na frequência de visitação, e indiretamente na polinização. Em áreas tropicais onde o regime de chuva é dividido em dois períodos- maior precipitação e menor precipitação- a abundância das borboletas Ithomiinae diminuiu com o aumento da precipitação pluviométrica (período chuvoso) (Araújo, 2006), porém, dados sobre a visitação de flores ainda não foram registrados.

Desta forma, investigamos aspectos morfológicos de *L. camara* e se a variação na precipitação pluviométrica afeta a biologia floral, fenologia e sucesso reprodutivo de uma espécie arbustiva, *L. camara*. Também analisamos se essa variação ambiental influencia a riqueza, abundância e o número de visitas das borboletas que são visitantes florais de *L. camara*. Nós esperamos que na época de menor precipitação a frutificação será superior ao período de maior precipitação. O mesmo ocorrerá para a riqueza, abundância e frequência de visitação das borboletas visitantes florais de *L. camara*. Dessa forma esperamos que a abundância, riqueza e o número de visitas das borboletas polinizadoras estejam relacionados com a taxa de frutificação de *L. camara*.

MATERIAL & MÉTODOS

I. Área de estudo

A área de estudo compreende o *Campus* da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), localizado na cidade Manaus, Amazonas, Brasil. Os arbustos de *L. camara* estão localizados nas bordas da estrada do *campus* que dá acesso aos setores Norte e Sul (Fig.1).



Figura 1. Fragmento florestal urbano- UFAM-Manaus-AM, estrada destacada em vermelho, com distribuição dos arbustos de *Lantana camara* L. Pontos amarelos= arbustos usados nos experimentos de polinização; pontos vermelhos= arbustos usados nos testes de biologia floral; pontos brancos= arbustos usados nos experimentos de biologia floral e testes de polinização Fonte: Google Earth, em 13/10/2015.

II. Morfologia, Biologia Floral e Fenologia

Para analisar a morfologia, fenologia e biologia floral de *L. camara* foram observadas 895 flores distribuídas em 60 inflorescências que foram ensacadas na fase de pré antese das flores. Sendo no máximo 5 inflorescências para cada um dos 10 indivíduos em cada período climático, considerando que na maioria das vezes foram observados os mesmos arbustos em cada estação, e que houve a substituição de arbustos em determinados casos.

Para verificar a antese, em cada inflorescência, um botão foi marcado com pincel preto, e a cada hora das 6h-18h, houve a vistoria destas inflorescências. Durante a vistoria das inflorescências, elas foram desensacadas e delas foi retirada um botão, uma

flor de primeiro dia e uma flor de segundo dia. Depois, a inflorescência foi ensacada novamente.

Para cada flor, foi analisada a cor da flor, receptividade do estigma, viabilidade polínica, volume e concentração de néctar. Todos estes procedimentos foram feitos segundo Dafni *et al.*, 2005.

A receptividade do estigma foi feita através de gotejamento de Peróxido e hidrogênio (H_2O_2) a 3% sobre o estigma da flor e visualizado com o auxílio de uma lupa com aumento de 40x. Quando o estigma está receptivo ocorre alta atividade enzimática, que ocasiona na formação de bolhas no momento em que o Peróxido de Hidrogênio entra em contato com o estigma receptivo (Fig.2. A), como resultados da catalase (peroxidase) (Dafni *et al.* 2005).

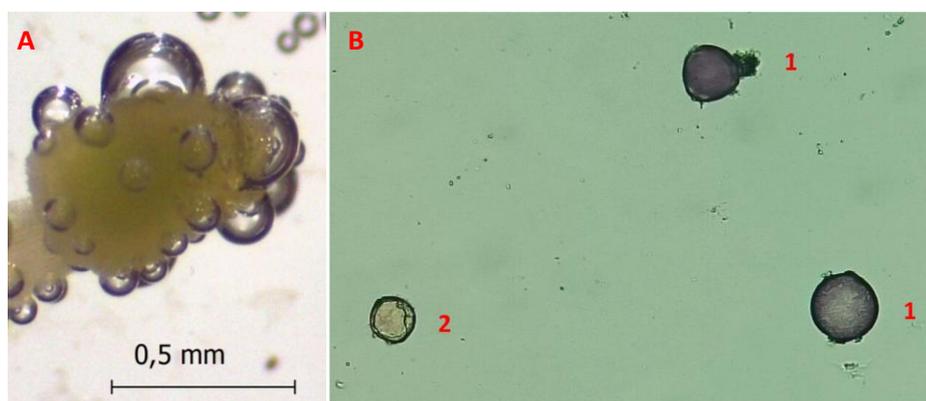


Figura 2. Estigma e grãos de pólen de *L. camara*. A- Estigma imerso em gota de Peróxido de Hidrogênio 3%. B- Grãos de pólen depois do corante Carmim Acético, 1: grãos viáveis e 2: grão inviável. Fonte: Cezar, K.F.S., em 22/08/2015.

Para a verificação da viabilidade polínica, foram maceradas as anteras presentes na flor, sobre uma lâmina e então gotejado o corante Carmim Acético e fixada a lamínula com esmalte incolor, para depois serem levadas para análise de microscopia. Os corantes podem servir para evidenciar a presença do protoplasma e também a presença de atividade enzimática do grão de pólen. No caso do Carmim Acético, é corado o núcleo da célula, onde os grãos viáveis tornam-se vermelhos e os inviáveis não são corados (Fig. 2. B) (Dafni *et al.* 2005).

O volume do néctar foi analisado por meio de microcapilares de 2µl, após isso o néctar contido no microcapilar foi posto em refratômetro manual de 0~32% Brix, para a observação da concentração do néctar.

II. Tratamentos de polinização

Para avaliar o sistema reprodutivo dos indivíduos de *L. camara*, foram marcados 19 arbustos, sendo nove arbustos na estação mais chuvosa e 10 indivíduos na estação período menos chuvoso, devido às diferenças no número de indivíduos floridos nos dois períodos. A distância entre os indivíduos foi de no mínimo 30 m, para que as amostras fossem consideradas espacialmente independentes em relação à outra.

No total, foram utilizadas no experimento de polinização 15.760 flores, distribuídas em 940 inflorescências, sendo que em cada indivíduo, 10 inflorescências em pré-antese foram ensacadas de maneira aleatória. Essas inflorescências foram distribuídas em cinco tratamentos, sendo duas inflorescências por tratamento no mesmo indivíduo. Os tratamentos feitos foram os seguintes:

- *Visitas únicas (A)*: durante a antese, as flores foram desensacadas e assim permaneceram até receberem uma visita por lepidópteros. Após isso, as flores visitadas foram marcadas com pincel permanente e a inflorescência foi reensacada até que os frutos fossem gerados.
- *Polinização cruzada manual (B)*: durante a antese, os sacos de voil foram retirados, e a polinização foi feita manualmente com pólen exógeno. Utilizou-se fio de nylon de diâmetro- 0,20 mm, 0,25 mm e 0,30 mm, correspondente ao tamanho da espirotromba de borboletas visitantes florais de *L. camara*. O nylon foi inserido no tubo da flor até tocar o estigma, simulando a polinização pelo polinizador. Este método já foi utilizado para simular os visitantes de *Hancorniaspeciosa* por Darrault e Schlindwein (2005). Depois disso, as flores polinizadas foram marcadas com pincel permanente e a inflorescência foi reensacada até a formação dos frutos.
- *Autopolinização manual (C)*: As inflorescências foram desensacadas durante a antese das flores. A polinização foi feita manualmente com fios de nylon de

diâmetro de 0,20 mm, 0,25 mm e 0,30 mm, utilizando o pólen da própria flor. Feito isso, flores foram marcadas com pincel e as inflorescências foram ensacadas novamente.

- *Polinização aberta (controle) (D)*: As inflorescências foram marcadas com fita verde e deixadas expostas a visitação durante toda a antese até a geração de frutos.
- *Autopolinização espontânea (E)*: as inflorescências em pré antese foram ensacadas até sua queda ou frutificação.

III. Riqueza, abundância e frequência de visitação das borboletas visitantes florais de *L.camara*

Após visitarem as flores das inflorescências marcadas no tratamento de visitas únicas, as borboletas foram coletadas com rede entomológica e fotografadas com câmera fotográfica Cannon T3 Rebel, Lente 18-55 mm. Também com as borboletas coletadas foram anotadas a hora, data, indivíduo de *L. camara*, inflorescência e flor visitada sendo dado um número a o visitante. Caso as flores recebessem a visita de outros animais, essas flores eram descartadas.

A identificação das borboletas foi feita em campo e em laboratório com base no padrão de coloração principalmente das asas, quando necessário, foi utilizada uma lupa de mão. As borboletas que não foram possíveis de serem coletadas, foram identificadas por meio de fotos feitas em campo, na hora da visita. A literatura utilizada para a identificação foi Garwood e Lehman (2009), Lamas (2004) e D'Abbrera (1981, 1984, 1987, 1988a, 1988b, 1994) além dos sites butterfliesofamerica.com e learnaboutbutterflies.com.

IV. Análises estatísticas

Para a verificação da concentração e volume de néctar por dia, foi feita a média dos valores de cada um por hora do dia. Através do programa estatístico R, foi feita análise de regressão linear simples para verificar a relação entre concentração e volume

de néctar. ANOVA dois fatores e Teste de Tukey foram utilizadas para comparar a produção de frutos de *L. camara* em diferentes tratamentos de polinização, e entre cada período climático estudado (Sokal e Rohlf, 1981). Para verificar se a diversidade de borboletas visitantes florais difere entre período climático estudado, foi utilizado o índice de Shannon e com estes dados foi feito teste T. O índice de Shannon foi calculado no programa estatístico EstimateS 9.1.0 (Biodiversity estimation- Robert K. Colwell). Para verificar se a abundância e frequência de visitas das borboletas diferem entre os períodos de menor e maior precipitação foi feito teste T.

RESULTADOS

I. Morfologia, Fenologia e biologia floral

Os arbustos de *L. camara* no *Campus* da UFAM podem chegar até 4 metros de altura, com folhas dispostas de maneira oposta nos galhos. As inflorescências são emitidas aos pares pelos ramos, podendo ser expostos um ou dois pares. As inflorescências são em capítulos, com antese centrípeta. A corola serve como display de pouso para os visitantes, que conseguirão inserir apenas a probóscide no tubo floral (Fig.3. A). A antese é diurna, em média começa a partir das 06h:15 min, estando totalmente aberta às 8h e assim permanecem até a deiscência. As flores são tubulares de coloração variável, entre amarelo e rosa com ou sem guia de néctar, dependendo da idade da flor. As flores recém abertas ou de 1º. dia, são de cor amarela (sem guia de néctar), no 2º. dia estas se tornam de cor rosa, geralmente com guia de néctar de cor alaranjada e no 3º. dia as flores continuam de cor rosa, mas sem o guia de néctar (Fig. 3. F). Elas permanecem na inflorescência por cerca de três dias, até murcharem e caírem, restando apenas o ovário caso tenha havido polinização (Fig. 3. F).

Quando toda a inflorescência está em botão, são abertas em média cinco flores de uma vez (total de observações= 270 inflorescências). Depois do dia da abertura das primeiras flores da inflorescência, são abertas em média duas flores por dia. A duração da inflorescência depende da quantidade de flores que ela comporta. Cada inflorescência possui em média 27 flores. Dessa maneira, se uma inflorescência abre cinco flores todas juntas no primeiro dia, considerando que essas flores irão durar por

três dias, e que durante esses dias de permanência dessas flores, outras duas novas flores abrirão a cada dia. Essa inflorescência existirá por pelo menos cinco dias, deixando a vez para infrutescência, caso haja fecundação dos óvulos.

As flores são hermafroditas (Fig.3.B), o androceu é constituído por quatro estames, as anteras apresentam cor amarela e deiscência longitudinal, liberando os grãos de pólen assim que a antese se inicia. O filete é branco e fundido no tubo da corola (Fig.3.C). O gineceu é composto por um estilete de cor branco esverdeado, e estigma globoso esverdeado, disposto logo abaixo das anteras, o ovário é súpero e de cor verde, com dois óvulos (Fig.3.D).

O estigma esteve receptivo em todos os horários observados (6h às 18h) e em todos os estágios florais: botão, flor aberta no 1º dia e flor aberta no 2º dia. A viabilidade polínica foi de 52%. Cada flor comporta em média 1.532 grãos de pólen, sendo que são quatro anteras em cada flor a média de grãos de pólen é de 383 por antera.

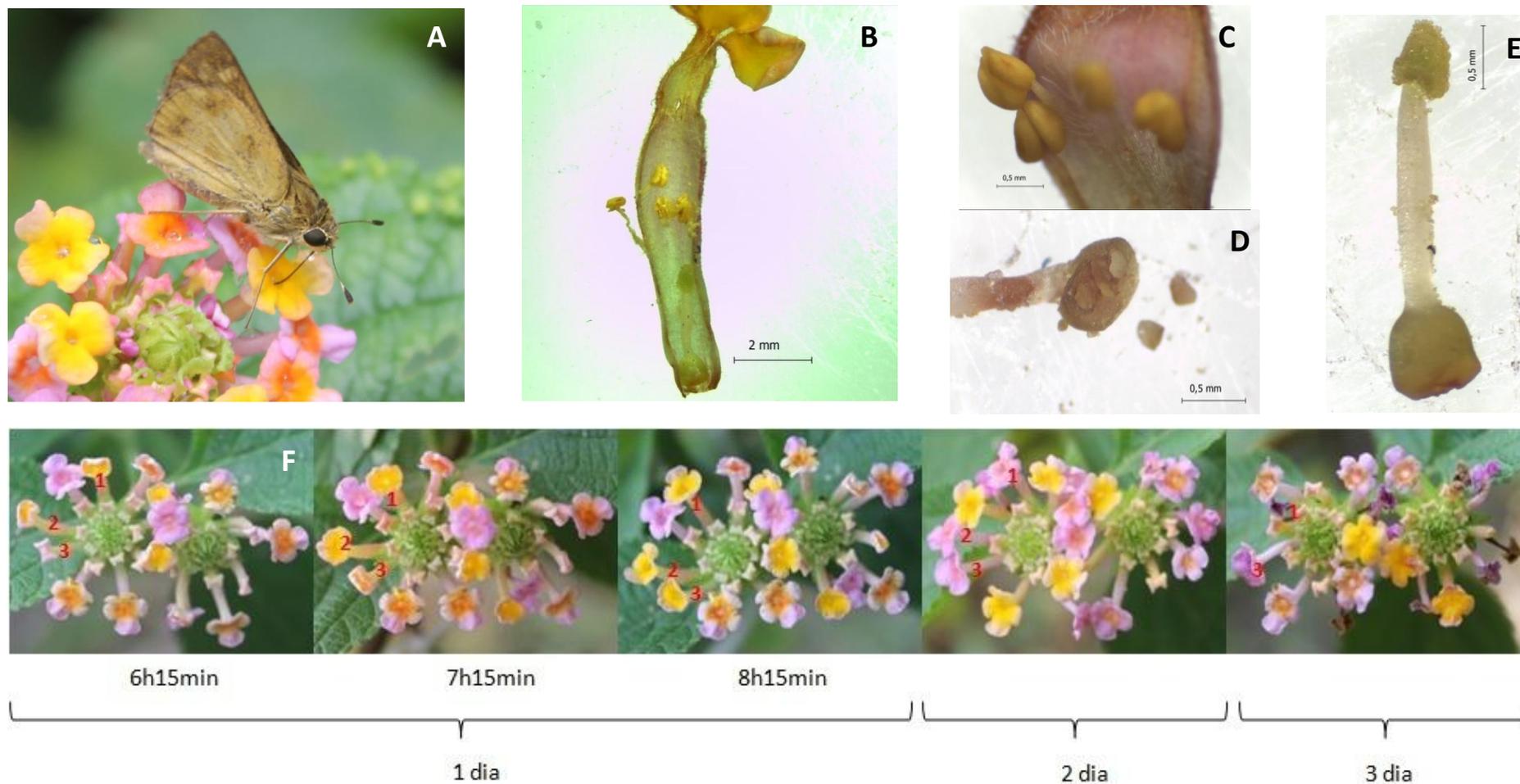


Figura 3. Inflorescência e flores de *L. camara*. A- Display de pouso para o visitante floral; B- Conformação das estruturas reprodutivas dentro da flor; C- Filete do androceu fundido ao tubo da corola; D- Ovário (corte longitudinal) com dois óvulos; E- Gineceu; F- Antese e deiscência das flores- 1, 2 e 3: são as flores marcadas para o acompanhamento da vida da flor.

Considerando os experimentos de polinização, *L. camara* é uma planta auto-compatível. Contudo, quando existe ação de um polinizador, a quantidade de frutos gerados após a polinização cruzada manual, autopolinização manual, polinização aberta e visitas únicas é maior que a produzida quando a planta se auto-poliniza. Quando a planta foi submetida à autopolinização espontânea foram gerados em média dois frutos (total de observações= 224). Nos tratamentos de visitas únicas foram gerados em média oito frutos, na polinização cruzada manual, uma média de nove frutos, na autopolinização manual, uma média seis frutos e na polinização aberta, uma média de sete frutos (total de observações= 201, 202 e 207, 222 respectivamente). Os tratamentos (razão fruto/flor) de visitas únicas, polinização cruzada manual, autopolinização manual e polinização aberta produziram significativamente mais frutos do que o tratamento de autopolinização espontânea (ANOVA; $F=12,81$; $g.l = 4$, $P<0,001$) (Fig. 4; Tab.1).

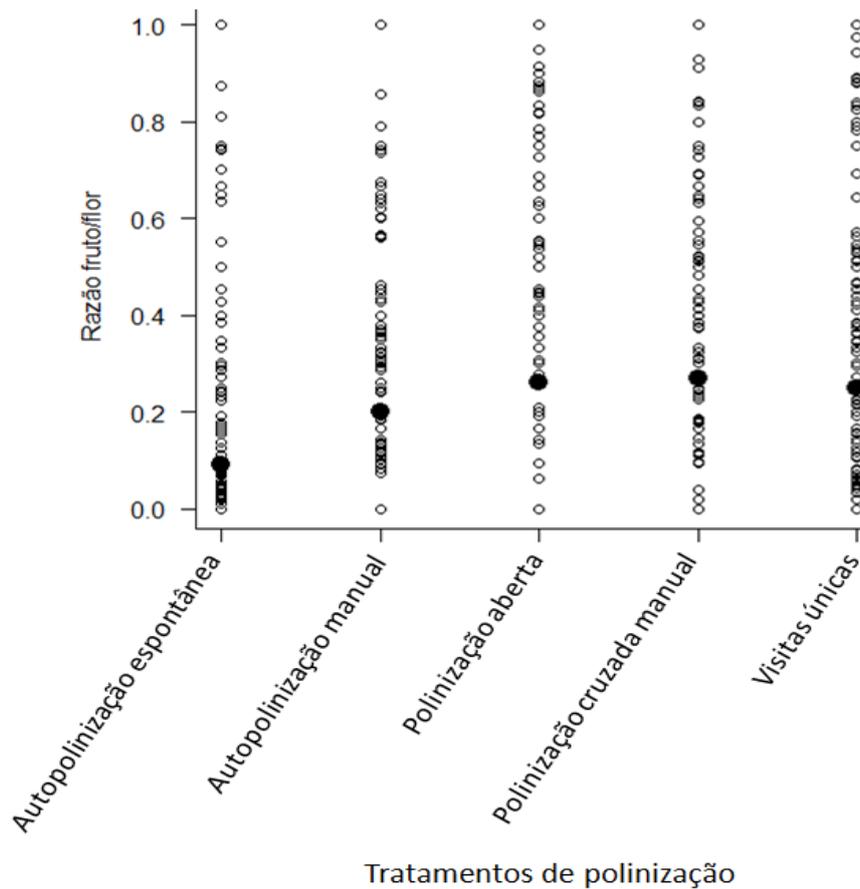


Figura 4. Tratamentos de polinização aplicados as flores de *L. câmara* (N= 1.056 observações).

Tabela 1. Resultado do Teste de Tukey para a diferença entre a eficiência (razão fruto/flor) dos tratamentos de frutificação aplicados a *L.camara*. (N= 15.760 flores).

Tratamentos de polinização		Valor de P
Autopolinização manual	Autopolinização espontânea	0,004
Polinização aberta	Autopolinização espontânea	<0,001
Polinização cruzada manual	Autopolinização espontânea	<0,001
Visitas únicas	Autopolinização espontânea	<0,001
Polinização aberta	Autopolinização manual	0,28
Polinização cruzada manual	Autopolinização manual	0,14
Visitas únicas	Autopolinização manual	0,39
Polinização cruzada	Polinização aberta	0,99
Visitas únicas	Polinização aberta	0,99
Visitas únicas	Polinização cruzada manual	0,98

O néctar nas flores de *L. camara* está localizado na base do tubo floral, onde se encontra o ovário. A presença de néctar foi variável entre as flores, sendo ausente nos botões florais e flores de terceiro dia. Em flores recém abertas, quase não houve néctar no horário entre as 6h e 10 h. Por outro lado, no fim da tarde, entre 16 h e 17 h, houve aumento tanto na concentração quanto no volume do néctar (Tab. 2). Nestas flores a média diária de volume de néctar foi de 0,2 µl e a média de concentração diária foi de 8,8%. As flores rosa portavam néctar em todos os horários analisados (6 h- 18 h), nos primeiros horários do dia, entre 6h e 8h, houve maior volume e contração do néctar. A média diária de volume e concentração de néctar nas flores rosa foi de 0,6µl e 14,7% respectivamente (Tab.2). Houve relação entre o volume e a concentração de néctar, contudo a relação foi fraca ($r=0,000002$, g. l. = 1, $P= 0,050$).

Tabela 2. Média de concentração (%) e volume de néctar (μ l) ao longo do dia, dos dois tipos de flor presentes nas inflorescências de *L. camara*. (N= 895 flores). Flores amarelas: recém abertas; Flores rosas: flores abertas há um dia.

Hora	Flores amarelas		Flores rosas	
	Concentração de néctar	Volume de néctar	Concentração de néctar	Volume de néctar
6	-	0	21,1	0,9
7	-	0	18,2	0,8
8	-	0	17,9	0,8
9	-	0	13,9	0,5
10	2,3	0,2	13,5	0,4
11	6,3	0,3	9,9	0,4
12	8,1	0,3	16,7	0,6
13	13,5	0,3	16,0	0,5
14	14,3	0,6	14,1	0,7
15	18,1	0,5	16,8	0,6
16	17,0	0,6	14,1	0,6
17	19,9	0,6	15,0	0,6
Total	8,8	0,2	14,7	0,6

II. Variação dos dados entre os períodos de maior e menor precipitação

A floração de *L. camara* ocorre o ano todo, na área estudada houve diferença na quantidade de arbustos com flores, e quantidade de inflorescências em cada arbusto, em relação ao período de menor e maior precipitação. Nos meses de menor precipitação houve maior quantidade de flores (ANOVA; $F= 22,36$, g. l. =5, $P < 0,001$) (Fig.5; Tab.3).

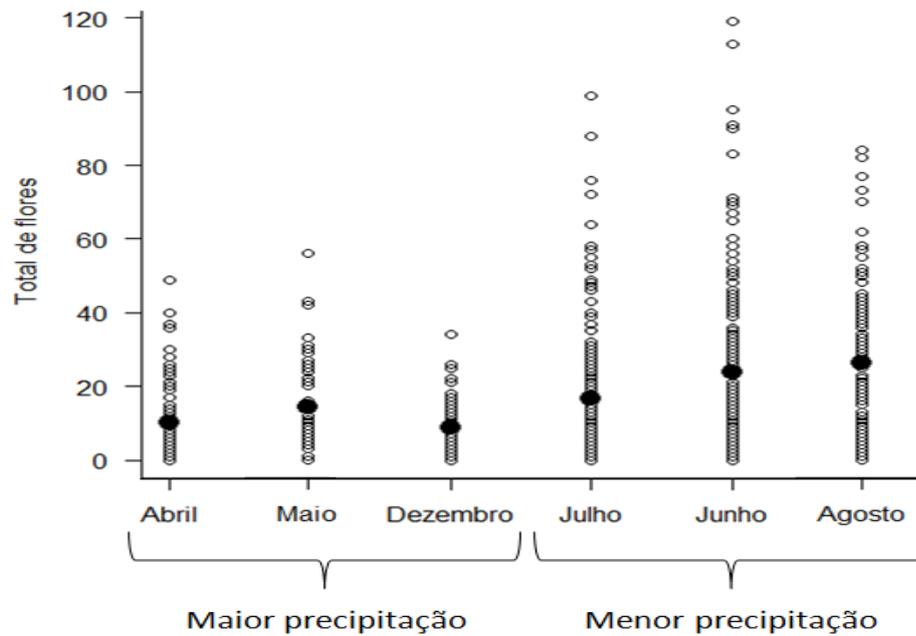


Figura 5. Floração de *L. camara* em relação às estações de maior e menor precipitação. (N= 15.760 flores)

Tabela 3. Resultado do Teste de Tukey para a relação entre os meses estudados, segundo a quantidade de flores de *L. camara* comportada em cada mês (N= 1.056 observações).

Meses	Dezembro	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto
Dezembro	-----	0,99	0,45	<0,001	0,003	<0,009
Abril	0,99	-----	0,77	<0,001	0,03	<0,001
Maio	0,45	0,77	-----	0,002	0,93	0,0001
Junho	<0,001	<0,001	0,002	-----	<0,001	<0,009
Julho	0,003	0,03	0,93	<0,001	-----	0,83
Agosto	<0,009	<0,001	0,0001	<0,009	0,83	-----

Em *L. camara*, a concentração de néctar variou entre os períodos de maior e menor precipitação (ANOVA; F= 4,7, g. l. = 1, P= 0,04). O volume de néctar, por sua vez, não diferiu significativamente em relação às duas estações climáticas estudadas (ANOVA: F= 2,7, g. l. = 1, P=0,09). O período de menor precipitação foi onde houve a maior média de volume de concentração de néctar (Fig.6).

Na estação de menor precipitação houve maior produção de frutos ($F= 19,42$, $g.l = 1$, $P = 0,0001$; Fig. 7). Houve diferença entre os tratamentos em relação à quantidade de frutos (ANOVA: $F= 19,42$, $g. l. = 1$, $P= 0,0001$). Os resultados referentes a quantidade de frutos de todos os tratamentos diferem do de autopolinização espontânea independente do período climático. No entanto, o número de frutos de alguns tratamentos tem diferença entre os períodos climáticos são eles: a polinização cruzada manual e autopolinização manual, a polinização cruzada manual e polinização aberta, as visitas únicas e a polinização aberta (Tab.4).

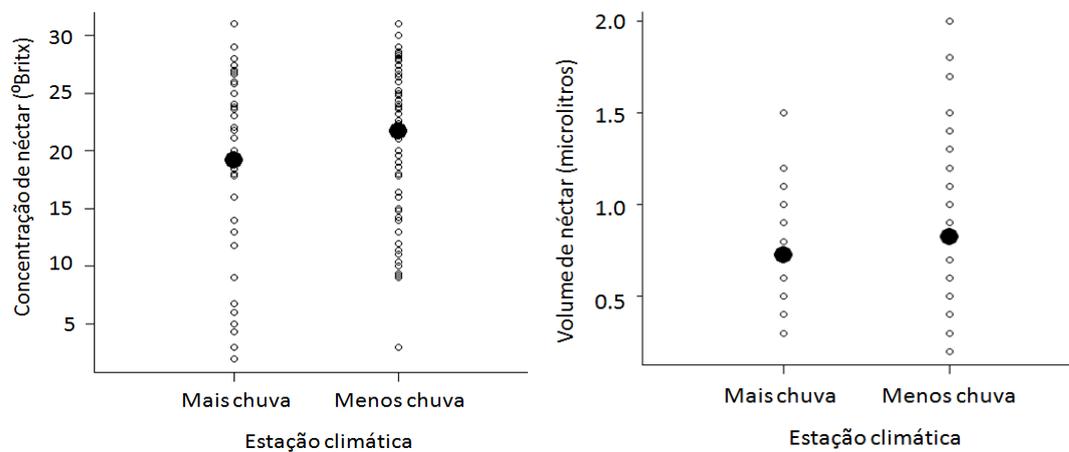


Figura 6. Concentração e volume de néctar de *L. camara* medidas em 895 flores em um fragmento florestal urbano na UFAM em Manaus, nas estações de maior e menor precipitação.

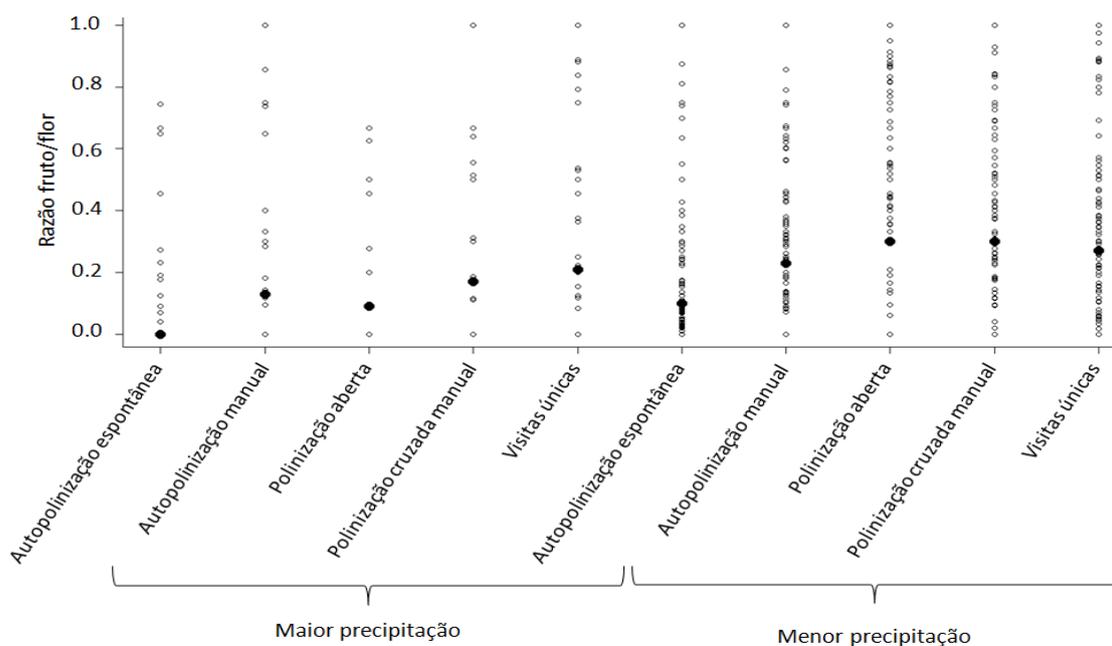


Figura 7. Tratamentos de polinização aplicados as flores de *L. camara*, nas estações de maior e menor precipitação. (N= 15.760 flores).

Tabela 4. Resultado com valor de $p < 0,05$, do teste de Tukey referente aos tratamentos relacionados, somados as estações climáticas. Todos dos resultados do teste de Tukey, para os tratamentos e estações climáticas, estão no Apêndice I. (N= 1.056 observações).

Mais chuva	Menos chuva	Valor de p
Autopolinização espontânea	Autopolinização manual	0,030
Autopolinização espontânea	Polinização aberta	<0,003
Autopolinização espontânea	Polinização cruzada manual	<0,006
Autopolinização espontânea	Visitas únicas	0,001
Autopolinização espontânea	Autopolinização manual	0,012
Autopolinização espontânea	Polinização aberta	<0,005
Autopolinização espontânea	Polinização cruzada manual	<0,001
Autopolinização espontânea	Visitas únicas	<0,001
Autopolinização manual	Polinização aberta	0,006
Autopolinização manual	Polinização cruzada manual	0,009
Polinização aberta	Visitas únicas	0,050
Polinização aberta	Polinização cruzada manual	0,007
Polinização aberta	Polinização aberta	0,005

As flores de *L. camara* foram visitadas por 93 borboletas visitantes florais, distribuídas em 50 espécies e nas seis famílias de Papilionoidea e Hesperioidea, totalizando 343 visitas (Tab.5). Das famílias de borboletas visitantes florais, Hesperiiidae foi dominante em termos de riqueza, abundância e frequência de visitação, atingindo valores de 64%, 62,9% e 64,8%, respectivamente. Nymphalidae correspondeu a 14% da riqueza, 15,2% da abundância e 11,9% de visitação. Pieridae correspondeu a 12% riqueza, 12,9% da abundância e 11% de visitação. Riodinidae correspondeu a 4% da riqueza, 3,2% da abundância e 0,9% de visitação. Lycaenidae correspondeu a 4% da riqueza, 2,1% da abundância e 0,9 de visitação.

Algumas espécies foram observadas nos dois períodos climáticos, e, destas, as mais abundantes e com maior frequência de visitação foram *Enosis immaculata demon* Evans, 1955, *Anartia jatrophae* (Linnaeus, 1763) e *Ascia monuste* (Linnaeus, 1764). No período de menor precipitação a espécie mais abundante e com maior frequência de visitação foi *Heraclides thoas* (Linnaeus, 1771). No período de maior precipitação a espécie mais abundante e com maior frequência de visitação foi *E. immaculata demon* Evans, 1955 (Tab.5).

Houve diferença estatística entre os períodos de maior e menor precipitação para as medidas de diversidade (Teste t; g. l. = 1, P < 0,0001), abundância (Teste de Tukey; g. l. = 1, P < 0,001) e frequência de visitação das borboletas (Teste de Tukey; g. l. = 1, P < 0,0001), sendo a estação menos chuvosa a mais diversa e com maior abundância e frequência de visitação de borboletas (Fig. 8).

Tabela 5. Borboletas visitantes florais de *L. camara*, nas duas estações climáticas estudados, mais chuva e menos chuva. Abun= abundância; Visi= número de visitas.

Família	Espécie	Mais chuva		Menos chuva	
		Abun	Visi	Abun	Visi
Hesperiiidae	<i>Anastrus tolimus robigus</i> (Pl�tz, 1884)	--	--	1	5
	<i>Anthoptus epictetus</i> (Fabricius, 1793)	--	--	4	7
	<i>Anthoptus</i> sp.1	--	--	1	1
	<i>Anthoptus</i> sp.2	--	--	1	11
	<i>Arita arita</i> (Schaus, 1902)	1	3	1	7
	<i>Autochton zarex</i> (Hübner, 1818)	1	2	1	4
	<i>Callimormus saturnus</i> (Herrich-Sch�ffer, 1869)	--	--	1	2
	<i>Chioides catillus albius</i> Evans, 1952	1	1	1	1
	<i>Enosis immaculata demon</i> Evans, 1955	2	9	6	50
	<i>Flaccilla aecas</i> (Stoll, 1781)	--	--	1	3
	<i>Heliopetes arsalte</i> (Linnaeus, 1758)	--	--	1	3
	Hesperiiidae sp.1	1	7	--	--

	Hesperiidae sp.2	1	2	--	--
	Hesperiidae sp.3	1	3	--	--
	Hesperiidae sp.4	1	3	--	--
	Hesperiidae sp.5	1	2	--	--
	Hesperiidae sp.6	1	1	--	--
	Hesperiidae sp.7	--	--	1	3
	<i>Paracarystus hypargyra</i> (Herrich-Schäffer, 1869)	--	--	2	13
	<i>Phanus vitreus</i> (Stoll, 1781)	--	--	2	11
	<i>Pompeius pompeius</i> (Latreille, [1824])	2	6	1	3
	<i>Quadrus cerialis</i> (Stoll, 1782) ***	1	2	--	--
	<i>Urbanus dorantes dorantes</i> (Stoll, 1790)	2	2	--	--
	<i>Urbanus esmeraldus</i> (A. Butler, 1877)	1	1	--	--
	<i>Urbanus proteus</i> (Linnaeus, 1758)	1	2	--	--
	<i>Urbanus simplicius</i> (Stoll, 1790)	3	3	--	--
	<i>Urbanus tanna</i> Evans, 1952	--	--	3	18
	<i>Urbanus teleus</i> (Hübner, 1821)	1	3	--	--
	<i>Urbanus velinus</i> (Plötz, 1880)	1	2	1	3
	<i>Vehilius inca</i> (Scudder, 1872)	1	4	1	3
	<i>Vehilius stictomenes</i> (A. Butler, 1877)	1	6	1	5
	<i>Vettius fantasos</i> (Cramer, 1780)			1	5
Lycaenidae	<i>Rekoa marius</i> (Lucas, 1857)	1	1	--	--
	<i>Strymon</i> sp.1	--	--	1	5
Nymphalidae	<i>Anartia jatrophae</i> (Linnaeus, 1763)	1	3	3	10
	<i>Dryas iulia</i> (Fabricius, 1775)	1	8	--	--
	<i>Euptoieta hegesia</i> (Cramer, 1779)	1	3	2	4
	<i>Heliconius antiochus</i> (Linnaeus, 1767)	--	--	1	1
	<i>Heliconius sara</i> (Fabricius, 1793)	--	--	2	6
	<i>Junonia evarete</i> (Cramer, 1779)	--	--	2	2
	<i>Philaethria dido</i> (Linnaeus, 1763)	1	1	--	--
Papilionidae	<i>Heraclides thoas</i> (Linnaeus, 1771)	--	--	4	36
Pieridae	<i>Aphrissa statira statira</i> (Cramer, 1777)	--	--	2	3
	<i>Ascia monuste</i> (Linnaeus, 1764)	2	7	3	7
	<i>Phoebis argante</i> (Fabricius, 1775)	--	--	2	5
	<i>Phoebis philea philea</i> (Linnaeus, 1763)	--	--	1	5
	<i>Rhabdodryas trite trite</i> (Linnaeus, 1758)	--	--	2	6
	<i>Rhabdodryas trite watsoni</i> (F. Brown, 1929)	--	--	1	1
Riodinidae	<i>Nymphidium lisimon</i> (Stoll, 1790)	--	--	2	2
	<i>Sinargis</i> sp.1	1	5	--	--
Total	50	33	92	60	251

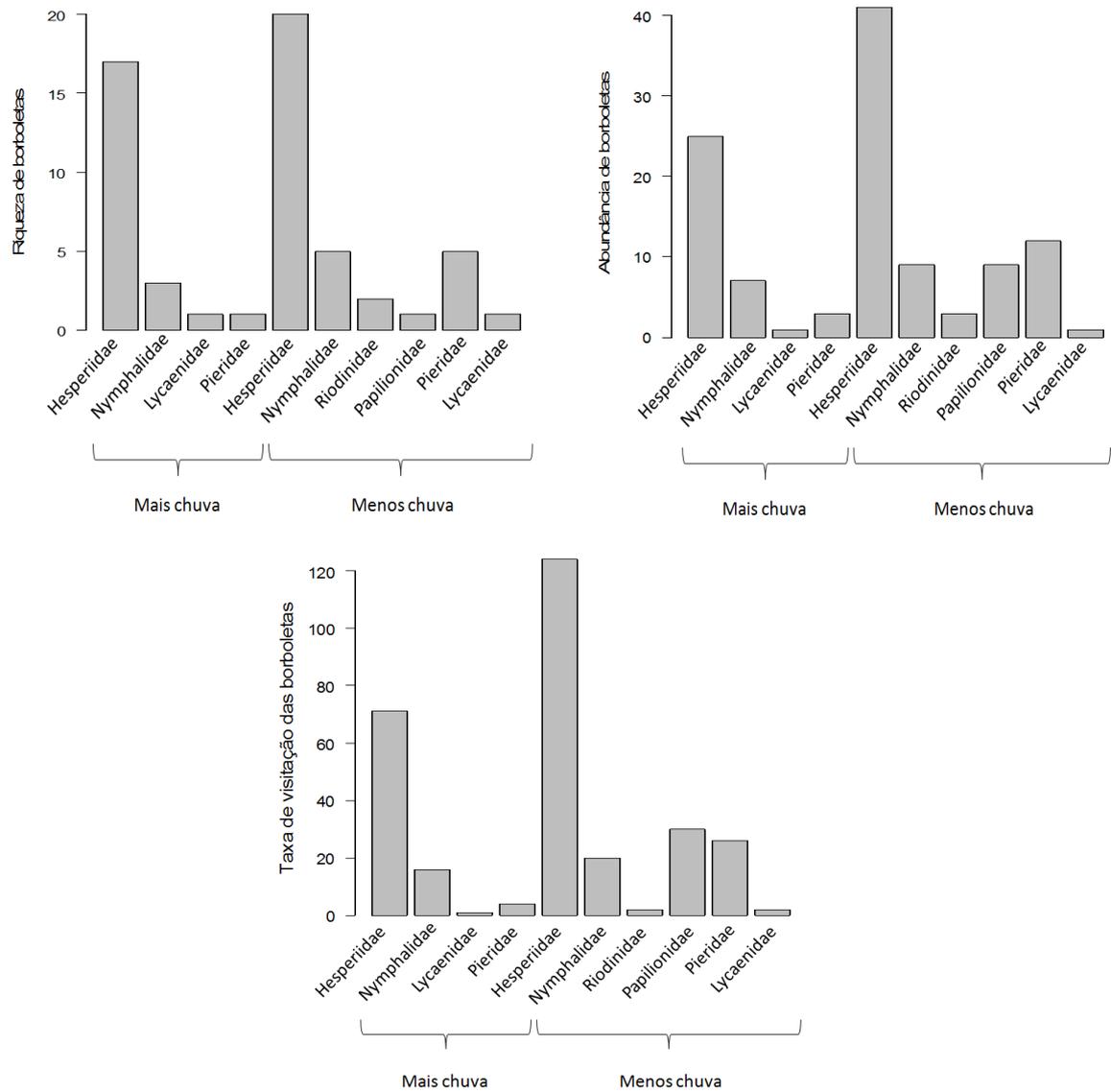


Figura 8. Riqueza, abundância e frequência de visitação de borboletas visitantes florais de *L. camara* nas estações de maior e menor precipitação.

DISCUSSÃO

I. Morfologia, Fenologia e biologia floral

Nós observamos que a floração de *L. camara* ocorreu o ano todo. No entanto, houve relação negativa entre oferta de flores e recursos. No período de menor precipitação houve maior produção de néctar e maior número de flores e frutos. A planta é autocompatível, mas gera mais frutos na presença de polinizadores. A precipitação também influenciou a diversidade, abundância e a frequência de visitação

de borboletas, sendo que no período de menor precipitação houve maior diversidade, abundância e frequência de visitação das borboletas.

Algumas características de *L. camara* como a floração perene, o tipo e algumas características da antese como o número médio de flores abertas por dia, o número médio de flores por inflorescências, à hora da antese, a quantidade de grãos viáveis e o caráter hermafrodito das flores são encontradas em outras espécies de *Lantana* (Barrows, 1976; Hannan-Jones, 1998; Barros *et al.*, 2001; Sharma, 2005; Musinfet *et al.*, 2007; Barreto *et al.*, 2010; Vergoça e Bion, 2011; Carrión-Tacuri *et al.*, 2012; Carrión-Tacuri *et al.*, 2014). O padrão de floração de *L. camara* encaixa-se no modelo estacionário (Gentry, 1974). As flores de *L. camara* são amarelas quando recém-abertas e mudam para rosa com guia de néctar laranja no dia seguinte. A mudança de cor nas flores pode ser acionada em função do compartilhamento de polinizadores, e, conseqüentemente, ajuda na conservação de energia dos mesmos (Ram e Mathur, 1984). A coloração amarela serve como pista visual para o polinizador e a mudança de cor pode ser estimulada após a polinização (Ram e Mathur, 1984). Nossos dados corroboram esta informação, já que 90% das borboletas visitaram primeiro as flores amarelas e depois as flores com cores diferentes, contudo, não confirmamos que a mudança de cor nas flores de *L. camara* ocorra devido à polinização. O processo de mudança de coloração após a polinização pode ser encontrada em diversas espécies botânicas, como em pelo menos 10 espécies de Melastomataceae, ocorrentes nas Américas (Weiss, 1995). Quando não polinizadas as flores de *Tibouchina. Pulchra* Cogn, (Melastomatacaea) apresentam coloração branca e tornam-se roxas após a polinização, esse mecanismo pode servir como aviso para que seus polinizadores não visitem flores velhas já polinizadas (Endress, 1994).

O estigma de *L. camara* esteve receptivo antes da flor entrar em antese, e permaneceu receptivo por até três dias, e este é um dado relatado pela primeira vez para o gênero. Isso pode ser explicado pelo fato de que flores com longos períodos de receptividade estigmática aumentam a probabilidade de ocorrência da polinização (Rathckey e Lacey, 1985).

II. Variação dos dados entre os períodos de maior e menor precipitação

O teor de água no solo tem relação positiva com a quantidade de flores, o volume e a concentração de néctar para espécies de *Lantana*, deste modo quanto mais água no solo maior será a quantidade de flores, volume e concentração de néctar desta planta (Carrión-Tacuri *et al.*, 2012). Em nosso estudo identificamos que no período de menor precipitação o néctar de *L. camara* aumentou 2,5% em concentração e 1% em volume de néctar em relação ao período de mais chuva. Na estação quente e úmida *L. peduncularis* teve mais flores por inflorescência e mais néctar, características estas, que estiveram relacionadas com condições mais favoráveis como de disponibilidade de água, temperatura, umidade e latitude, além de ser uma estratégia para aumentar a atração dos polinizadores (Carrión-Tacuri *et al.* 2014). As interações com os seus polinizadores podem influenciar na oferta de flores e recursos das plantas (Alarcon *et al.*, 2008). Em *Lippia alba* (Mill) N. Brown (Verbenaceae) a quantidade de flores em antese e recursos florais foi associada à presença dos visitantes florais (Venâncio, 2009). Observamos que no período de menor precipitação houve maior riqueza, abundância e frequência de visitação de borboletas (diversidade), que são os principais visitantes florais de *L. camara*.

Em nossos dados confirmamos o observado em outros trabalhos de outros autores, em que a precipitação tem influencia direta sobre as borboletas e sobre a oferta de flores, e recursos florais pelas plantas. A maior oferta de recursos possivelmente também possa estar influenciando as borboletas. Dessa forma, em nosso estudo é observamos a relação entre as borboletas que podem influenciar o padrão de floração de *L. camara*, bem como o próprio padrão de floração de *L. camara* pode estar influenciando a maior presença de borboletas. Os polinizadores podem contribuir, e até mesmo orientar fortemente, a evolução da diversidade e floração de plantas (Burkle *et al.* 2013). A riqueza de polinizadores como abelhas e moscas podem exercer efeito negativo sobre os teores de açúcares no néctar das plantas, já que estes polinizadores utilizam o pólen como principal fonte de energia (Carvalho *et al.* 2014). Algumas plantas dependem dos animais para a polinização e isso faz com que ela seja susceptível a mudanças em oferta de suas recompensas devido à abundância de seus polinizadores (Goulson, 1999). A frequência de visitação de determinados polinizadores, como

abelhas, pode influenciar no padrão de distribuição das flores de algumas plantas (Okashi e Yahara, 1998). As maiores quantidades de flores e de recursos oferecidos pelas plantas podem influenciar a presença dos visitantes florais (Gentry, 1974). Em estação com menos chuva *Gliricidia* (Fabaceae) e *Handroanthus* (Bignoniaceae) disponibilizaram maior quantidade de néctar e com isso, maior foi a abundância e riqueza de suas abelhas visitantes florais (Janzen, 1967)

L. camara é auto-compatível e necessita de polinizadores para aumentar seu sucesso reprodutivo (Ram e Mathur 1984), contudo, existem discussões sobre a capacidade do gênero ser auto-polinizável (Day *et al.*, 2003). Neal (1999) observou que em *Lantana* as flores foram capazes de realizar autopolinização. Entretanto, Barrows (1976) detectou, em experiências de laboratório, que as flores de *Lantana* não realizaram autopolinização, pois necessitavam de polinização cruzada para desenvolverem sementes. Testes de autopolinização espontânea e autopolinização manual com *L. camara*, demonstraram que a planta é auto compatível e autopolinizável, já que foram gerados frutos em ambos. No entanto, a quantidade de frutos gerados na autopolinização espontânea foi menor aos demais tratamentos (média 2 frutos, n= 4534) de autopolinização manual (média de 3 frutos; n=2969), polinização cruzada manual (média 6 frutos; n= 3037), polinização aberta (média de 4;n=1427) e visitas únicas (média 6 frutos; n= 1132). A autopolinização é uma estratégia vantajosa quando a presença de polinizadores é escassa (Kress, 1893). Em Cactaceae, ocorre auto-compatibilidade, contudo, a planta gera apenas metade das sementes quando comparadas com o número de sementes produzidas sob polinização por abelhas (Schlindwein e Wittman, 1997). Dessa forma, é sugerido em nossos estudo que em *L. camara* a visita de polinizadores é fundamental para estimular a polinização e aumentar a quantidade de óvulos frutos. Os nossos experimentos de autopolinização manual confirmam essa informação, já que quando houve transporte de pólen das anteras para o estigma da mesma flor por meio de um polinizador (simulação com nylon), foram gerados mais frutos do que quando a planta não recebeu a visita.

No período de menor precipitação houve maior quantidade de frutos em todos os tratamentos. Neste período, também houve maior quantidade de flores de *L. camara*. É possível que quando uma planta expõe mais flores, também podem ser liberados mais grãos de pólen, que podem gerar maior quantidade de frutos (Cardoso, 2005). Além disso, a presença constante de flores na população ou inflorescência por indivíduo

aumenta a atratividade de polinizadores (Piedade-Kill e Ranga, 2000). Carrión-Tacuri *et al.* (2014) observaram na estação quente e úmida em Galápagos, que a quantidade de frutos de *L. camara* teve um aumento de 7% em relação a estação fria e seca. O mesmo estudo mostra que em *L. peduncularis* os frutos podem ser gerados por autopolinização, mas são necessários polinizadores para aumentar seu sucesso reprodutivo. A partir de nossos dados, foi observado que a diversidade de borboletas visitantes florais de *L. camara* foi maior em abundância e frequência de visitação também no período de menor precipitação. Dessa forma, uma maior quantidade de pólen disponível na população, e um maior número de visitantes florais deve ter sido crucial para que *L. camara* tenha tido maior frutificação neste período.

CONCLUSÕES

O sucesso reprodutivo e recursos florais de *Lantana camara* diferem entre as estações de maior e menor precipitação. Na estação de menor precipitação *L. camara* oferta mais flores e néctar em maiores concentrações. Também foi nesta estação que houve a maior presença das borboletas no local de estudo. Embora haja relação entre os recursos florais e a presença de visitantes florais, não se sabe qual o sentido que esta interação ocorre, no que se refere a *L. camara* e suas borboletas visitantes florais. Quando há visitas das borboletas as flores de *L. camara*, a quantidade de frutos gerados pela planta é maior, do que a produzida quando há autopolinização. A frequência de visitação das borboletas é maior frente à maior riqueza e abundância desses lepidópteros, que ocorreu na estação de maior precipitação. Por esse motivo, o período de menor precipitação foi quando houve maior taxa de frutificação da planta. Isso mostra as relações que existem entre os fatores abióticos como precipitação, as plantas e seus visitantes florais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcon, R.; Waser, N. M.; Ollerton, J. 2008. Year-to-year variation in the topology of a plant pollinator interaction network. *Oikos* 117: 1796-1807.

Aleixo, K. P. 2013. Sazonalidade na disponibilidade de alimento e dinâmica de forrageamento em *Scaptotrigona* aff. *Depilis* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Dissertação de mestrado. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP. 87 pp

Araújo, I. S. 2006. Estrutura e influência da sazonalidade na comunidade de borboletas da subfamília Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae) na estação científica Ferreira Penna, Melgaço, Pará. Dissertação de mestrado. Museu Paraense Emílio Goeldi e Universidade Federal do Pará/Pós-Graduação em Zoologia. 56 pp.

Barreto, F. S.; Sousa, E. O.; Campos, A. R.; Costa, J. G. M.; Rodrigues, F. F. G. 2010. Antibacterial Activity of *Lantana camara* Linn. and *Lantana montevidensis* Brig. Extracts from Cariri-Ceará, Brazil. *Pharmacognosy* 2(1):42-44.

Bawa, K. S; Ashton, P. S; Pirmack, R.B; Terborgh, J; Salleh Mohd.Nor, F.S.P; Hadley, M. 1989. *Reproductive ecology of tropical forest plants- Research Insights and Management implications*. The International union of biological sciences news magazine. Special Issue-21.

Barros, G, M; Gray, V. R.; Castelazo, C, D. 2001. Sincronia de floração entre *Lantana camara* L. (Verbenaceae) e *Psittacanthus calyculatus* (DC.) G. Don (Loranthaceae) ocorrentes nas dunas de La Mancha, Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana* 57. 1-14 pp.

Barrows, E.M. 1976. Nectar Robbing and Pollination of *Lantana camara* (Verbenaceae). *Biotropica* 8(2): 132-135.

Burkle, L. A.; Marlin, J. C.; Knight, T. M. 2013. Plant-pollinator interactions over 120 years: loss of species, co-occurrence, and function. *Science* 339: 1611–1615.

Butterfliesofamerica. 2016 (<http://butterfliesofamerica.com/>) Acessado em 10.03.2016

Büttow, M. V.; Fernanda, D. 2012. Estudo do sucesso reprodutivo, dos padrões de cruzamento e do fluxo de pólen em *Aechmea winkleri*, uma espécie endêmica do sul do Brasil. Tese de doutorado. Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 126 pp.

- Camacho, J. C. B. 2003. Estudos sobre a eficiência da polinização por *Apis mellifera* L. e insetos nativos na produção de sementes de *Adesmia latifolia* (Spreng.) Vog. Tese de doutorado em Zootecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 148 pp.
- Cardoso, A. I. I. 2005. Polinização manual em abobrinha: efeitos nas produções de frutos e de sementes. *Horticultura Brasileira* 23: 731-734
- Carrión-Tacuri, J.; Berjano, R.; Guerrero, G.; Figueroa, M. E.; Tye, A.; Castillo, J. M. 2012. Nectar production by invasive *Lantana camara* and endemic *L. peduncularis* in the Galápagos Islands. *Pacific Science* 66: 435-445.
- Carrión-Tacuri, J.; Berjano, R.; Guerrero, G.; Figueroa, M. E.; Tye, A.; Castillo, J. M. 2014. Fruit set and the diurnal pollinators of the invasive *Lantana camara* and the endemic *Lantana peduncularis* in the Galapagos Islands. *Weed Biology and Management* 14: 209-219.
- Carvalho, L. G.; Kunin, W. E.; Keil, P.; Aguirre-Gutierrez, J.; Ellis, W. N.; Fox, R.; Groom, Q.; Hennekens, S.; Van Landuyt, W.; Maes, D.; Van de Meutter, F.; Michez, D.; Rasmont, P.; Ode, B.; Potts, S. G.; Reemer, M.; Roberts, S. P. M.; Schaminee, J.; DeVries, M. F. W.; Biesmeijer, J. C. 2013. Species richness declines and biotic homogenisation have slowed down for NW-European pollinators and plants. *Ecology Letters* 16: 870–878.
- Charlesworth, D. 1989. Allocation to male and female function in hermaphrodites, in sexually polymorphic populations. *Journal of Theoretical Biology* 138: 327–342.
- Cocucci, A. E.; Mariath, J. E. A. 1995. Sexualidade das plantas. Rio de Janeiro. *Ciência Hoje* 106 (18): 50-61.
- D'abrera, B. 1981. *Butterflies of the Neotropical Region. Part I. Papilionidae & Pieridae*. Victoria, Hill House, XIV+172p.
- D'abrera, B. 1984. *Butterflies of the Neotropical Region. Part II. Danaidae, Ithomidae, Heliconidae & Morphidae*. Victoria, Hill House, XII+210p.
- D'abrera, B. 1987a. *Butterflies of the Neotropical Region. Part III. Brassolidae, Acraeidae & Nymphalidae (partim)*. Victoria, Hill House, IX+139p.

D'abrera, B. 1987b. *Butterflies of the Neotropical Region. Part IV. Nymphalidae (partim)*. Victoria, Hill House, XV+150p.

D'abrera, B. 1988. *Butterflies of the Neotropical Region. Part V. Nymphalidae (conc.) & Satyridae*. Victoria, Hill House, IX+197p.

D'abrera, B. 1994. *Butterflies of the Neotropical Region. Part VI. Riodinidae*. Victoria, Hill House, IX+216p.

Dafni, A.; Kevan, P.G.; Husband, B. C. 2005. *Practical pollination biology*. Cambridge: Enviroquest, 2005. 590 pp.

Darrault, R. O.; Schlindwein, C. 2002. Esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) no tabuleiro Paraibano, nordeste do Brasil: abundância, riqueza e relação com as plantas esfingófilas. *Revista Brasileira de Zoologia* 19(2): 429-443.

Day, M. D.; Wiley, C. J.; Playford, J.; Zalucki, M, P. 2003. *Lantana: Current Management Status and Future Prospects*. Australian Center for International Agricultural Research. 132 pp.

Elzinga, J. A.; Atlan, A.; Biere, A.; Gigord, L.; Weis, A. E.; Bernasconi, G. 2007. Time after timer: flowering phenology and biotic interactions. *Trends in Ecology and Evolution* 22(8).

Frankie, G. W.; Baker, H. G.; Opler, P. A. 1974. Comparative Phenological Studies of Trees in Tropical Wet and Dry Forests in the Lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 62: 881-919.

Garwood, K.; Lehman, R.; Carter, W.; Carter, G. 2009. *Butterflies of Southern Amazonia*. 2ª ed. McAllen Publishing, Texas. 374 pp.

Genini, J. 2011. Sazonalidade e as redes de interações planta-polinizador. Tese de doutorado em Biologia vegetal. Universidade Estadual Paulista/Instituto de Biociências. 134 pp.

Gentry, A. H. 1974. Flowering Phenology and Diversity in Tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6(1): 64–68.

Goulson,D. 1999. Foraging strategies of insects for gathering nectar and pollen, and implications for plant ecology and evolution. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 2:185-209.

Goulson,D. 1999. Foraging strategies of insects for gathering nectar and pollen, and implications for plant ecology and evolution. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 2:185-209.

Hannan-Jones, M. A. 1998. The seasonal response of *Lantana camara* to selected herbicides. *Weed Research* 38: 413-423.

Horvitz, C. C., Schemske, D. W. 2002. Effects of plant size, leaf herbivory, local competition and fruit production on survival, growth and future reproduction of a neotropical herb. *Jornal of Ecology* 2: 279–290.

Ingrouille, M. 1992. *Diversity and evolution of land plants*. London, Chapman e Hall. 340 pp.

Janzen, D. H. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within dry season in Central America. *Evolution* 21(3): 620-637.

Janzen, D. H. 1972. Protection of Barteria (Passifloraceae) by Pachysima ants (Pseudomyrmecinae) in a Nigerian rain forest. *Ecology* 53: 885-892

Kress, J. 1893. Self-Incompatibility in Central American Heliconia. *Evolution* 37: 735-744.

Kubota, U. 2009. Fenologia da comunidade de Asteraceae, variação temporal e determinantes locais de riqueza de insetos endófagos de capítulos. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas/Instituto de biologia. 82 pp.

Lamas, G. 2004. *Checklist: Part 4A, Hesperioidea - Papilionoidea*, (Lamas ed.). In: J.B. Heppner (ed.). *Atlas of Neotropical Lepidoptera*. Gainesville, Association for Tropical Lepidoptera, Scientific Publishers. 439 pp.

Larcher, W. 2006. *Ecologia vegetal*. São Carlos: Rima. 2º Ed. 153-164 pp.

Learnaboutbutterflies. 2016 (<http://www.learnaboutbutterflies.com/index.htm>)
Acessado em 10.03.2016

Musinf, S.; Khan, M. A.; Ahmad, M.; Zafar, M.; Shah, G, M.; Yasmin, G. 2007. Comparative Pollen Studies of the Genera *Lantana*, *Verbena* and *Vitex* of Family Verbenaceae from Pakistan. *International journal of agriculture & biology* 9: 545-549.

Menezes, S. P.; Oliveira, A. C. 2007. Fenologia da floração e Frutificação de *Hemerocallis* 'By Myself' em Vitória da Conquista/BA. *Revista Brasileira de Biociências* 5: 822-824.

Murphy, P. G.; Lugo, A. E. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematic* 17:67-88.

Neal, J. 1999. *Assessing the Sterility of Ornamental Lantana Varieties. Are we Exacerbating the Weed Problem?*. Honours thesis. Department of Botany. University of Queensland. Brisbane.

Okashi, K.; Yahara, T. 1998. Effects of variation in flower number on pollinator visits in *Cirsium purpuratum* (Asteraceae). *American Journal of Botany* 85(2): 219–224.

Piedade-Kill, L. H.; Ranga, N. T. Biologia Floral e sistema de reprodução de *Jacquemontia multiflora* (Choisy) Hallier f. (Convolvulaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 23: 37-43 pp.

Prestes, M, E, B.; Oliveira, P.; Jensen, G. M. 2009. As origens da classificação de plantas de Carl von Linné no ensino de biologia. *Filosofia e História da Biologia* 4: 101-137 pp.

Ram, H. Y. M., & Mathur, G. 1984. Flower-insect interaction in pollination. *Proceedings: Animal Sciences* 93(4): 359–363.

Ramaswami, G.; Sukumar, R. 2013. Long-Term Environmental Correlates of Invasion by *Lantana camara* (Verbenaceae) in a Seasonally Dry Tropical Forest. *Plos One* 8: 76995.

Rathcke, B.; Lacey, E.P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 179-214.

Raven, P.H.; Eichhorn, S. E.; Evert, R. F. 2014. *Biologia vegetal*. 8ª edição. Editora Guanabara Koogan. 876pp.

Schaik, C. P.; Terborgh, J. W.; Wright, S. J. 1993. The phenology of tropical forests : adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 353-377 pp.

Schlindwein, C.; Wittman, D. 1997. Stamen movements in flowers of *Opuntia* (Cactaceae) favour oligoleptic pollinators. *Plant, Systematics and Evolution* 204:179-193 pp.

Sharma, O. P.; Makkar, H. P. S.; Dawra, R. K. 2005. A Review of the noxious plant *Lantana camara*. *Toxicon* 26: 975-987pp.

Silva, C. A. 2010. Variação na arquitetura floral e sucesso reprodutivo de duas espécies de *Helicteres* (Malvaceae), na região sudoeste de Mato Grosso. *Acta Botânica Brasileira* 24 (2): 462-468

Silva, C. A.; Vieira, M. F. 2013. Sucesso reprodutivo de espécies distílicas de *Psychotria* (Rubiaceae) em sub-bosque de floresta atlântica. *Revista Ávore* 37: 298-297.

Silveira, C. L. 2010. Características vegetativas e reprodutivas das plantas e fatores abióticos do meio e suas relações com a alocação de biomassa floral e a seleção sexual em angiosperma. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas/Instituto de Biologia. 148pp.

Silveira, C. L.; Sazima, M. 2012. Características vegetativas e reprodutivas das plantas e fatores abióticos em relação à biomassa floral, em três biomas tropicais. *Sociedade Brasileira de Ecologia*. Anais do VIII congresso de ecologia do Brasil.

Sokal, R. R.; Rohlf, F. J. 1981. Taxonomic congruence in the Leptodomorpha re-examined. *Systematic Zoology* 30: 309-325

Stephenson, A. G. 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Review of Ecology and Systematics* 12: 253-79.

Stefaneus, C.; Herrando, S.; Páramo, F. 2004. Butterfly species richness in the north-west Mediterranean Basin: the role of natural and human-induced factors. *Journal of Biogeography* 31: 905-915.

Taylor, S.; Kumar, L.; Reid, N.; Kriticos, D. T. 2012. Climate Change and the Potential Distribution of an Invasive Shrub, *Lantana camara* L.. *Plos One* 7:35565.

Torquato, J. L. 2015. Produção e consumo de frutos zoocóricos em dois fragmentos florestais do oeste do Rio Grande do Norte, Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rural do Semi-Árido/ Pós-Graduação em Ecologia e Conservação. 53 pp.

Tombolato, A. F. C.; Furlani, P. R.; Castro, C. E. F.; Matthes, L. A. F.; Tagliacozzo, G. M. D.; Saes, L. A.; Rivas, E. B.; Coutinho, L. N.; Bergaman, E. C.; Imenes, S. L.; Costa, A. M. M.; Leme, J. M. 2004. Antúrio (*Anthurium andraeanum* Lindl). In: Tombolato, A. F. C. *Cultivo Comercial de Plantas Ornamentais*. Campinas: Instituto Agrônômico. 211 pp.

Verçoza, F. C., & Bion, R. F. (2011). Polinização de *Lantana fucata* Lindley (Verbenaceae) por *Parides ascanius* Cramer (Lepidoptera: Papilionidae) na Restinga de Grumari, Rio de Janeiro, RJ.

Venâncio, D. F. A. 2009. Entomofauna visitantes das flores de *Lippia alba* (Mill.) n. e. Brown (Lamiales, Verbenaceae) em Juiz de Fora, Minas Gerais. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Juiz de Fora/ Pós-Graduação em Ecologia. 52 pp.

Wiens, D.; Calvin, C. L.; Wilson, C. A.; Davern, C. I.; Frank, D.; Seavey, S. R. 1987. Reproductive success, spontaneous embryo abortion, and genetic load in flowering plants. *Oecologia* 71: 501-509.

Wolda, H. 1978. Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. *Journal of Animal Ecology* 47: 369–381.

Wolda, H. 1988. Trends in Abundance of Tropical Forest Insects. *Oecologia* 89: 47-52.

Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. Third editions Prentice-Hall International Editions, New Jersey.

CAPÍTULO II

Influência da riqueza, abundância, frequência de visitação e tamanho da probóscide de borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) no sucesso reprodutivo de *Lantana camara* L.

Resumo

Borboletas são consideradas visitantes florais frequentes, fato que as coloca como candidatas a polinizadoras. Alguns fatores podem influenciar a eficiência de polinização e produção de frutos da planta, entre eles, tamanho da espirotromba, riqueza, abundância e taxa de visitas. Por esse motivo, nós hipotetizamos que 1) borboletas com espirotromba muito curta não serão eficientes na polinização, e 2) a riqueza, a abundância e o número de visitas influenciará o sucesso reprodutivo de *Lantana camara*. Para a realização do estudo foram avaliados 18 arbustos de *L. camara* distribuídos em um fragmento florestal urbano, localizado em Manaus, Amazonas, Brasil. Para verificar a eficiência de polinização das borboletas foi realizado teste correlação. Para averiguar se a riqueza, abundância influenciam na frequência de visitação das borboletas foi feita análise de regressão. Verificamos que o tamanho da espirotromba não interfere na eficiência polinizadora das borboletas sobre *L. camara*. Além disso, tanto riqueza quanto abundância influenciam diretamente no número de visitas florais observadas, que por sua vez, aumenta o sucesso reprodutivo de *L. camara*. Desta forma, concluímos que o aumento da diversidade de polinizadores influencia no sucesso reprodutivo de *L. camara*.

Palavras-chave: Mutualismo; eficiência de polinização; Hesperiiidae; riqueza de espécies; frequência de visitação.

Abstract

Butterflies are considered frequent floral visitors, a fact that makes them candidates as pollinators. Some factors can influence pollination efficiency and fruit production of the plant, including size of espirotromba, richness, abundance and visit rates. Therefore, we hypothesized that 1) butterflies with very short espirotromba would not be effective in pollination, and 2) richness, abundance and number of visits would influence the

reproductive success of *Lantana camara*. In this study, 18 *L. camara* shrubs in an urban forest fragment, located in Manaus City, Amazonas State, Brazil, were observed. We conducted correlation test to evaluate the butterflies pollination efficiency. We did regression tests to investigate whether the richness, abundance of butterflies influenced the visitation rate. We verified that the size of the proboscis does not affect the pollinator efficiency of butterflies visiting *L. camara*. In addition, both richness and abundance directly influence the number of flower visitors observed, and this in turn increases the reproductive success. Thus, we conclude that the increase of pollinator diversity influence the reproductive success of *L. camara*.

Keyword: Mutualism; Pollinating efficiency; Hesperiiidae; Species richness; Visitation rate

INTRODUÇÃO

A interação entre as plantas e seus polinizadores é um exemplo de mutualismo (Ricklefs, 2010). As plantas necessitam de vetores bióticos ou abióticos para aumentar a chance de sucesso reprodutivo e variabilidade genética (Janzen, 1972). Uma planta pode ser visitada por inúmeros animais, porém, não há garantia de eficiência na polinização (Vosgueritian, 2010). Visitantes florais também podem ser polinizadores apenas quando há transporte de pólen viável até o estigma coespecífico (Fisogni *et al.*, 2011). Visitantes ineficazes podem reduzir o sucesso reprodutivo da planta, uma vez que extraem o recurso sem tocar em suas estruturas reprodutivas, além de reduzirem a probabilidade de visitas de outros agentes polinizadores (Richardson *et al.*, 2000).

A eficiência de polinização corresponde ao sucesso na transferência do pólen até o estigma coespecífico. Esse período pode ser influenciado por inúmeros fatores como a receptividade estigmática, capacidade de crescimento do tubo polínico dentro do estilo e viabilidade de óvulos (Sanzol & Herrero, 2001; Dafni *et al.*, 2005). A morfologia floral pode favorecer a transferência de pólen entre as flores, e, por outro lado, pode desestimular ou impedir o acesso aos recursos florais por outros animais que não os agentes de polinização mais eficientes (Wilson & Thomson, 1996, Aigner, 2004).

A profundidade e a largura do tubo floral definem o tamanho da morfologia do aparelho bucal dos visitantes florais. Dependendo do tamanho da probóscide, o animal pode visitar a flor com ou sem assiduidade (Stannig *et al.* 2006). Algumas espécies de insetos possuem o aparelho bucal alongado, com adaptações para acessar os recursos em tubos profundos na flor. Do ponto de vista evolutivo, o tamanho da proboscide desse grupo pode ter se desenvolvido para influenciar na efetividade da polinização (Johnson e Bond, 1994). Isso permitiu que estes insetos chegassem até o néctar floral escondido em tubos profundos, sugerindo que o tamanho da proboscide também seja uma característica importante para influenciar na eficiência da polinização dos insetos (Alexandersson & Johnson, 2002; (Kleizen *et al.*, 2008).

Enquanto abelhas e beija-flores são amplamente conhecidos como polinizadores importantes, o papel das borboletas como polinizadores tem sido investigado com menos frequência e com resultados variados (Jennersten, 1984). As borboletas foram consideradas como pouco eficientes no processo de polinização e que podem atuar apenas como visitantes florais ou pilhadoras de recursos (Wiklund *et al.*, 1979). Contudo, existem trabalhos que afirmam que a efetividade de polinização varia entre as espécies de borboletas, incluindo as tropicais (Bloch *et al.*, 2006; Gilbert, 1972; Cruden e Hermann-Parker, 1979).

Devido ao tamanho da probóscide, a eficiência na polinização pode ser alterada. De acordo com Siqueira Filho (2008), Hesperiiidae não foi eficiente na polinização de Bromeliaceae, devido possuir espirotromba muito comprida. Borboletas que se alimentam de néctar tem proboscides desproporcionalmente maiores do que as que não se utilizam desse recurso em sua dieta (Krenn, 2010). Todas as seis famílias de borboletas (Hesperiiidae, Papilionidae, Pieridae, Lycaenidae, Riodinidae e Nymphalidae possuem representantes nectarívoros que podem ser classificados como polinizadores (DeVries, 1987).

De maneira geral as borboletas são consideradas como visitantes diversos, abundantes e frequentes no ambiente (Heithaus, 1974). De acordo com a planta visitada, algumas borboletas são mais frequentes e mais eficientes que outras (Jennersten, 1984). A frequência de visitação, deposição ou remoção de pólen, pode aumentar ou diminuir o sucesso reprodutivo das plantas (Schemske, 1980). Polinizadores com visitas regulares podem melhorar a frutificação (Hillebrand *et al.* 2008). A visitação pode variar frente a

vários fatores, entre eles exposição floral (Okashi e Yahara, 1998), diversidade e abundância dos polinizadores (Garibaldi, 2013). O aumento da riqueza e abundância de polinizadores pode levar a um forrageamento complementar ou sinérgico, aumentando a frequência de visitas e melhorando a quantidade e qualidade da polinização (Blüthgen e Klein, 2011), portanto, aumentando a proporção de flores que irão frutificar (ou sementes) (Garibaldi *et al.*, 2014).

Este trabalho busca verificar se o tamanho das epirotrombas e a frequência de visitas florais influenciam na eficiência polinizadora das borboletas em um fragmento florestal amazônico. As hipóteses são: 1) A eficiência polinizadora das borboletas será positivamente influenciada pelo tamanho de sua espirotromba; 2) a frequência de visitas terá influência positiva da abundância e riqueza de borboletas.

MATERIAL & MÉTODOS

I. Área de estudo e planta utilizada

A área de estudo compreende o *Campus* da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), que está localizado na cidade Manaus, Amazonas, Brasil. O *campus* possui áreas de baixo e platô, com floresta ombrófila densa e terra firme, áreas de campinarana e de plantio (PPBio, 2014).

A planta utilizada foi *Lantana camara* L. (Verbenaceae), que recebe muitas visitas de borboletas e tem características que a encaixam na síndrome da psicofilia (polinização por borboletas) (Faegri e Pijl, 1979). A família Verbenaceae, foi descrita como sendo exclusivamente polinizadas por borboletas (Willmer, 2011). *Lantana camara* é uma planta arbustiva, que, dependendo da variedade, pode conter acúleos em seu tronco e folhas largamente ovaladas, lanceolada e elíptica, sendo esta uma das características que a distingue das outras espécies de *Lantana* (Ribeiro *et al.*, 1999). A planta tem inflorescências com flores pequenas (de um a dois centímetros de comprimento) e tubulares, de coloração que varia de branco, rosa, amarelo, laranja, vermelho e roxo (Sanders, 2012). Os arbustos de *L. camara* estão localizados nas bordas da estrada do *Campus* que dá acesso aos dois setores, o Norte e o Sul (Fig.1).



Figura 1. Distribuição dos Indivíduos de *L. camara* ao longo da estrada do *campus* da Universidade Federal do Amazonas- UFAM. Pontos amarelos representam os arbustos estudados. Fonte: Google Earth, em 13/02/2016.

II. Eficiência de polinização e coleta de borboletas

As borboletas estudadas foram as nectarívoras, que possuem representantes nas seis famílias do grupo, são elas: Hesperíidae, Papilioníidae, Pieríidae, Lycaeníidae, Riodiníidae e Nymphalíidae.

Para avaliar a eficiência de polinização das borboletas, os arbustos de *L. camara* foram marcados com fita verde. A distância entre os indivíduos foi de no mínimo 30 m. Foram utilizadas no total 3.789 flores, distribuídas em 165 inflorescências. Dessa maneira foram ensacadas duas inflorescências em cada arbusto, sendo nove arbustos no período de mais chuva e 10 arbustos no período de menos chuva. Durante a antese, as inflorescências foram desensacadas e assim permaneceram até receberem uma única visita das borboletas às flores. As flores visitadas foram marcadas com pincel permanente e a inflorescência foi reensacada até que os frutos fossem gerados. As observações das flores foram feitas no período das 6h às 18h, totalizando 4.254 minutos de observação em cada período climático estudado.

Para identificar a borboleta visitante, foi feita a coleta das borboletas após a visita com o auxílio de uma rede entomológica e os espécimes coletados foram alocados em

envelopes entomológicos. Juntamente com a coleta, foram feitas imagens fotográficas, utilizando câmera fotográfica Cannon T3, Rebel, Lente 18-55 mm. Também foram anotadas a hora, data, indivíduo de *L. camara*, a inflorescência e flor visitada, sendo dado um número ao visitante. Caso as flores recebessem a visita de outros animais, essas flores eram descartadas.

III. identificação dos visitantes florais e análise morfométrica

A identificação das borboletas foi feita em campo e em laboratório a olho nu, quando necessário, utilizou-se lupa de mão. Quando não foi possível coletar, as borboletas foram identificadas por meio de fotos feitas em campo, na hora da visita. A literatura utilizada para a identificação foi Garwood e Lehman (2009), Lamas (2004), D'Abbrera (1981, 1984, 1987, 1988a, 1988b, 1994), além dos sites (butterfliesofamerica.com) e (learnaboutbutterflies.com).

Em laboratório, as borboletas foram levadas para análise morfométrica da espirotromba, onde foram medidos o comprimento e a largura da espirotromba, com o auxílio de um paquímetro digital (Fig.2). Das borboletas fotografadas e não coletadas, foram consideradas apenas aquelas das mesmas espécies coletadas e com registro da morfometria das espirotrombas. Dessa forma, utilizamos a média das medidas da espirotromba da espécie para as borboletas não coletadas.

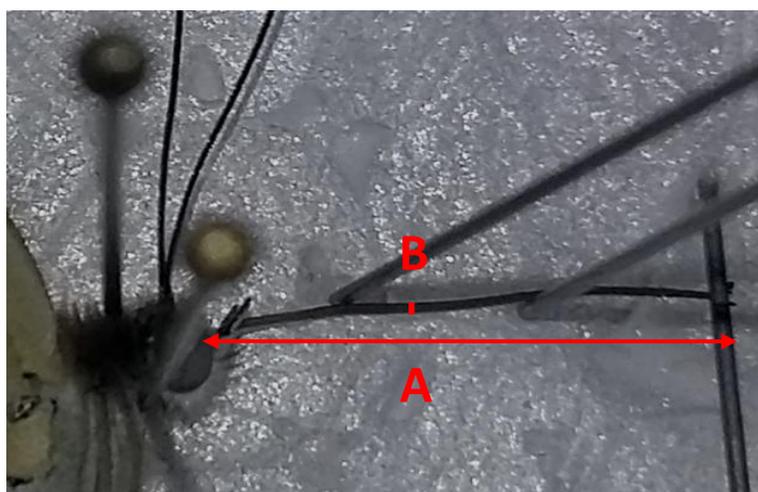


Figura 2. Morfometria da espirotromba da borboleta *Ascia monuste*, umas das espécies visitantes florais de *L. camara*. A= comprimento, B= largura da espirotromba.

IV. Análises estatísticas

Através do programa estatístico R (The R Project for Statistical Computing), foi feita correlação de Pearson para verificar a relação entre a largura e o comprimento da espirotrombas, assim como a taxa de visitas das borboletas em relação ao sucesso reprodutivo de *L. camara* (razão fruto/flor) (Zar, 1996).

Foi feita análises de regressão linear simples para 1) verificar se a relação entre o tamanho da espirotromba das borboletas e sucesso reprodutivo de *L. camara* (razão fruto/flor); 2) verificar a relação entre riqueza e abundância de espécies de borboletas; 3) associar a riqueza de borboletas em relação taxa de visitas; 4) associar a riqueza das borboletas em relação a frutos gerados por *L. camara* após as visitas; 5) associar a abundância de borboletas em relação à frequência de visitação; associar a abundância de borboletas em relação a frutos gerados por *L. camara* após as visitas.

RESULTADOS

Foram analisadas 87 borboletas visitantes florais de *L. camara*, distribuídas em 38 espécies e seis famílias (Tab. 1). Estas borboletas realizaram 288 visitas florais (Tab. 1). Foi verificado que existe correlação positiva entre a largura e comprimento das espirotrombas ($R^2= 0,2252$; g. l. = 1; $P = 0,0026$) (Fig. 3). A família que teve maior comprimento e largura da espirotromba foi Pieridae, com a espécie *Phoebis philea philea* (Linnaeus, 1763), e a que teve menor comprimento e largura foi Riodinidae, com a espécie *Nymphidium lisimom* (Stoll, 1790) (Tab. 1). Apesar da variação no tamanho das espirotrombas entre as espécies estudadas, não houve relação significativa entre o tamanho da espirotromba das borboletas visitantes florais e o sucesso reprodutivo de *L. camara* ($R^2= 0,023$; g. l. = 1; $P = 0,3$).

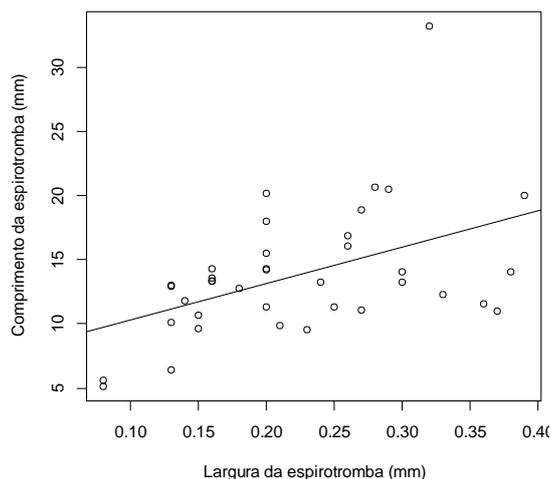


Figura 3. Correlação entre o comprimento e a largura da espirotromba das borboletas visitantes florais (N =87).

Tabela 1. Tamanho (mm) da espirotromba das espécies de borboletas visitantes de *L. camara*.

Família	Espécies	Comprimento/ espirotromba	Largura/ Espirotromba
Hesperiidae	<i>Anastrus talinus rabigus</i> (Plötz, 1884)	11,6	0,36
	<i>Anthoptus epictetus</i> (Fabricius, 1793)	13	0,13
	<i>Anthoptus</i> sp.1	10,69	0,15
	<i>Arita arita</i> (Schaus, 1902)	12,98	0,13
	<i>Autochton zarex</i> (Hübner, 1818)	11,3	0,25
	<i>Callimormus saturnus</i> (Herrich-Schäffer, 1869)	10,12	0,13
	<i>Chioides catillus albis</i> Evans, 1952	16,05	0,26
	<i>Enosis immaculata demon</i> Evans, 1955	11,8	0,14
	<i>Flaccilla alças</i> (Stoll, 1781)	13,35	0,16
	<i>Heliopetes arsalte</i> (Linnaeus, 1758)	14,29	0,16
	<i>Hesperiidae</i> sp.1	11,3	0,2
	<i>Hesperiidae</i> sp. 3	9,61	0,15
	<i>Paracarystus hypargyra</i> (Herrich-Schäffer, 1869)	12,81	0,18
	<i>Phanus vitreus</i> ((Stoll, 1781)	14,32	0,2
	<i>Pompeius pompeius</i> (Latreille, [1824])	15,52	0,2
	<i>Urbanus dorantes dorantes</i> (Stoll, 1790)	14,25	0,2
	<i>Urbanus esmeraldus</i> (A. Butler, 1877)	16,91	0,26
	<i>Urbanus tanna</i> Evans, 1952	20,2	0,2
	<i>Urbanus velinus</i> (Plötz,1880)	18	0,2
	<i>Vehilius inca</i> (Scudder, 1872)	9,52	0,23
	<i>Vehilius stictomenes</i> (A. Butler, 1877)	13,33	0,16
	<i>Vettius fantosos</i> (Cramer, 1780)	13,55	0,16
	Lycaenidae	<i>Rekoa marius</i> (Lucas, 1857)	6,44
<i>Strymon</i> sp.1		5,57	0,08

Nymphalidae	<i>Anartia jatrophae</i> (Linnaeus, 1763)	11,09	0,27
	<i>Dryas iulia</i> (Fabricius, 1775)	12,3	0,33
	<i>Euptoeita hegesia</i> (Cramer, 1779)	13,29	0,24
	<i>Heliconius antioocus</i> (Linnaeus, 1767)	14,08	0,38
	<i>Heliconius sara</i> (Fabricius, 1793)	14,1	0,3
	<i>Junonia evarete</i> (Cramer, 1779)	9,86	0,21
Papilionidae	<i>Heraclides thoas</i> (Linnaeus, 1771)	20,03	0,39
Pieridae	<i>Aphrissa statira statira</i> (Cramer, 1777)	20,71	0,28
	<i>Ascia monuste</i> (Linnaeus, 1764)	13,3	0,3
	<i>Phoebis argante</i> (Fabricius, 1775)	20,54	0,29
	<i>Phoebis philea philea</i> (Linnaeus, 1763)	33,24	0,32
	<i>Rabdodryas trite trite</i> (Linnaeus, 1758)	10,97	0,37
	<i>Rabdodryas trite watsoni</i> (F. Brown, 1829)	18,94	0,27
Riodinidae	<i>Nymphidium lisimom</i> (Stoll, 1760)	5,15	0,08

Houve relação positiva entre a frequência de visitação e o sucesso reprodutivo de *L. camara* ($R^2= 0,666$, g. l. = 1, $P< 0,0001$; Fig.4). De maneira geral, as famílias com maior número de visitas foram Hesperíidae, Nymphalidae, Papilionidae, Pieridae, Lycaenidae e Riodinidae, com 108, 38, 36, 33, 6 e 2 visitas, respectivamente. Quanto a taxa de frutos gerados após a visitação, Hesperíidae também se destacou com total de 130 frutos gerados após a visitação destas borboletas. Com Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae, Lycaenidae e Riodinidae, foram gerados 36, 26, 25, 5 e um fruto (s), respectivamente (Fig.5).

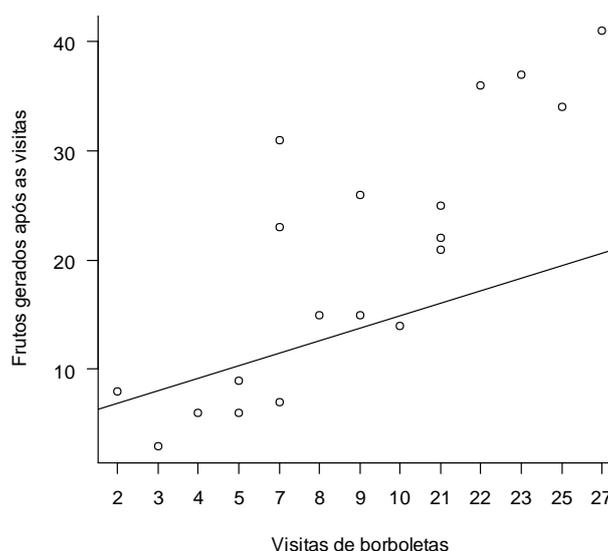


Figura 4. Correlação entre o número de visitas florais em cada semana e a quantidade de frutos formados após as visitas em *Lantana camara* (N=19 arbustos).

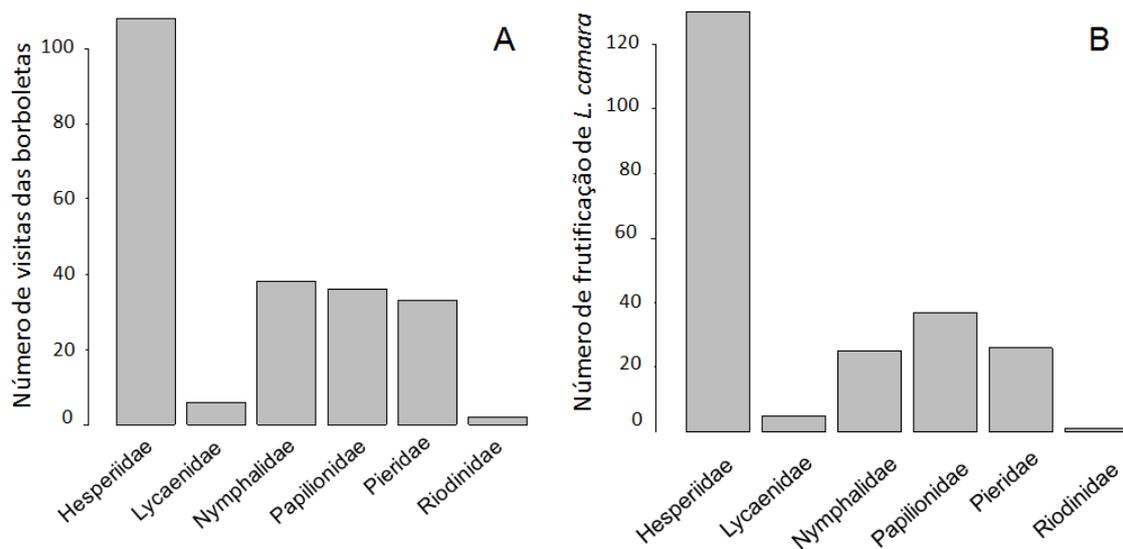


Figura 5. Número de visitação e frutificação de cada família de borboletas visitantes florais de *L. camara*.; A- Frequência de visitação por família; B- Frutos gerados por *L. camara* após as visitas de cada família de borboleta. (N= 19 arbustos).

Foi verificado que existe relação positiva entre a riqueza e abundância de borboletas ($R^2= 0,878$; g. l. = 1; $P < 0,0001$). Também houve relação positiva entre a riqueza e frequência de visitação das borboletas ($R^2= 0,666$; g.l. = 1; $P < 0,0001$), entre riqueza de borboletas e o sucesso reprodutivo de *L. camara* ($R^2= 0,591$; g. l. = 1; $P < 0,0001$). Além disso, também existe relação positiva entre abundância e taxa de visitas de borboletas ($R^2=0,607$; g. l. =1; $P < 0,0001$; Fig. 6) e entre a abundância de borboletas e quantidade de frutos ($R^2=0,476$; g. l. =1; $P=0,001$).

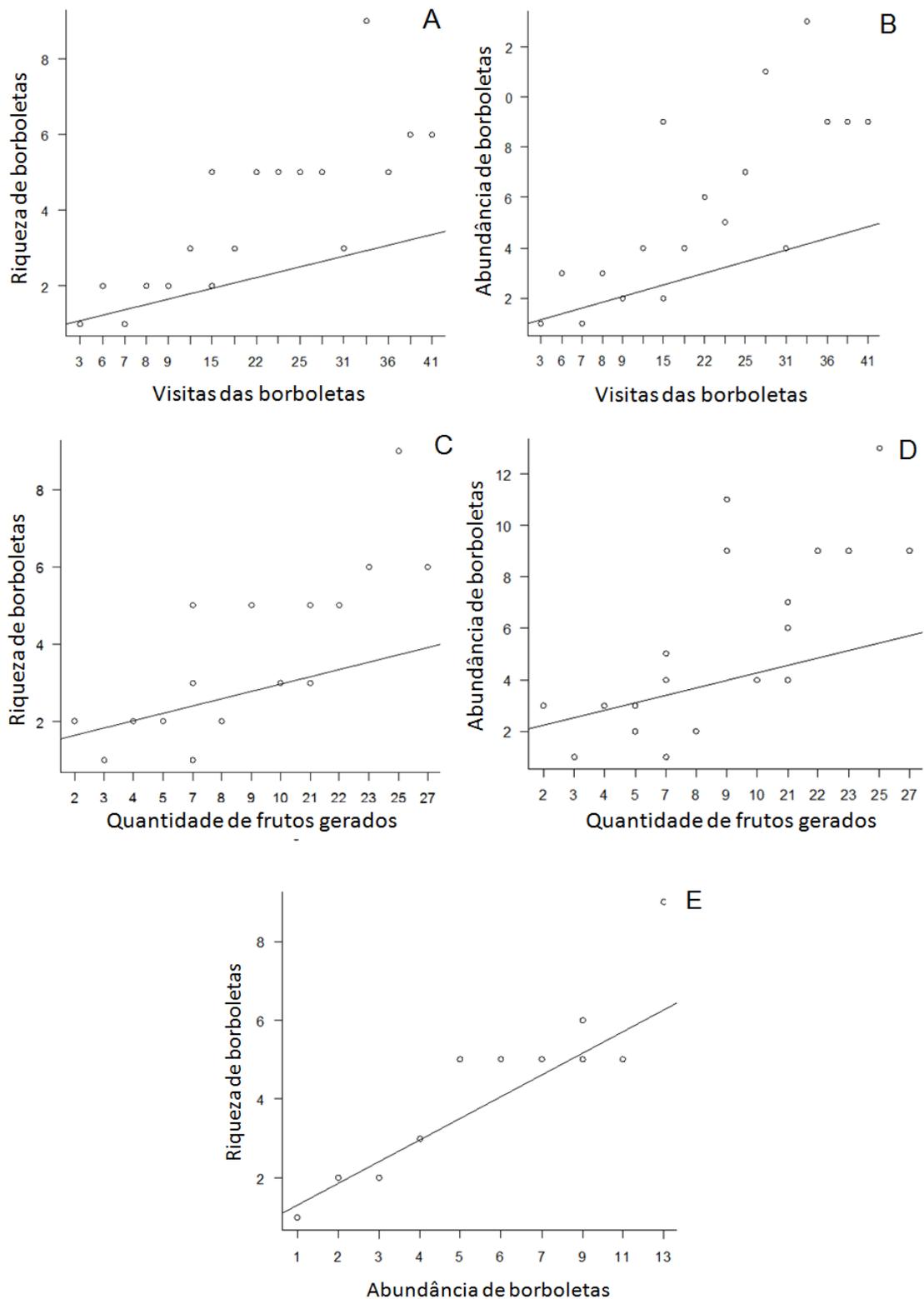


Figura 6. Riqueza e abundância de borboletas em relação à frequência de visitação e frutos gerados por *L. camara*. A- Regressão entre a riqueza e visitas de borboletas; B- Regressão entre a abundância e frequência de visitação de borboletas a *L. camara*; C- Regressão entre a riqueza e frutos de gerados por *L. camara*; D- Regressão entre a

abundância e frequência de visitação das borboletas a *L. camara*; E- Regressão entre a riqueza e abundância de borboletas (N= 19 arbustos).

DISCUSSÃO

Foi verificado que a largura e o comprimento da espirotromba das borboletas não influenciam na quantidade de frutos gerados por *L. camara*. Contudo, o sucesso reprodutivo desta planta está relacionado tanto com a frequência de visitação de borboletas, quanto com a abundância e a riqueza das borboletas visitantes. A frequência de visitação foi influenciada pela riqueza e abundância das borboletas.

O comprimento e largura da espirotromba das borboletas são proporcionais ao tamanho do indivíduo (Bauder, 2015). Em nosso trabalho, a borboleta com maior tamanho de espirotromba foi *Phoebis philea philea* (Linnaeus, 1763), com cerca de 7cm com as asas abertas. Por outro lado *Nymphidium lisimom* (Stoll, 1790) possui tamanho de aproximadamente 2,5cm com as asas abertas, e esta foi à espécie com menor espirotromba registrada entre as borboletas do estudo. O tamanho do corpo das borboletas incluindo, o tamanho das asas, estão relacionados ao ambiente nas quais elas estão inseridas, bem como sua capacidade de escapar de predadores (Graça *et al.*, 2015).

L. camara é encontrada em áreas desmatadas e nas bordas de estradas (Sanders, 2012) e possui grande capacidade de atração e seleção de visitantes florais, que incluem himenópteros, trochilídeos e lepidópteros, principalmente borboletas (Carión-Tucari *et al.*, 2012). Contudo, apesar da morfologia de *L. camara* selecionar os visitantes, talvez não haja tantas restrições quanto ao tamanho do parêntese bucal dos mesmos. Neste estudo foi observado que borboletas com espirotromba curta (5,15mm) e espirotromba longa (33,24mm) obtiveram sucesso na polinização de *L. camara*. Em plantas generalistas as restrições são menores, pois, assim, elas se tornam menos vulneráveis à extinção, quando comparadas a plantas especialistas (Harris e Johnson, 2004). Plantas invasoras como *L. camara* possuem mecanismos para facilitar o processo de polinização, entre eles está à alta disponibilidade de grãos de pólen (Baker, 1974). Esse fato pode permitir aumentar a chance do polinizador realizar a transferência dos grãos para o estigma, independentemente do tamanho da probóscide do visitante. À vista

disso, nossos dados mostram que o sucesso reprodutivo de *L. camara* não é afetado pelo tamanho da espirotromba e sim pela riqueza, abundância e visitação do polinizador.

Verificamos que a riqueza e abundância das borboletas visitantes florais de *L. camara* aumentam o sucesso reprodutivo da planta estudada. A riqueza de espécies polinizadoras pode aumentar a taxa de abundância, elevando à média e diminuindo a variação na frutificação (Ebeling *et al.*, 2008), devido a diferença nos mecanismos de polinização de cada espécie (Hoehn *et al.*, 2008). Os efeitos da riqueza sobre a frutificação refletem do aumento na frequência de visitação dos polinizadores (Garibaldi *et al.*, 2013). Áreas onde há maior riqueza e abundância de polinizadores podem, aumentar a presença de polinizadores efetivos e assíduos da planta (Deprá, 2012). A regularidade de polinizadores pode melhorar a frutificação por meio da complementaridade (Hillebrand *et al.*, 2008). A contribuição de cada espécie polinizadora individualmente pode ser pequena, mas o papel coletivo destas espécies acaba gerando maiores resultados de frutificação (Klein *et al.*, 2003). Isso indica que a diversidade de polinizadores é essencial para sustentar serviços de polinização (Kremen *et al.*, 2002).

As borboletas, assim como outros insetos, visitam com frequência determinadas plantas, principalmente as que contêm flores tubulares (Jennersten, 1984). As flores de *L. camara* são tubulares e receberam visitas de todas as famílias de borboletas. Devido às diferenças de forrageamento de cada espécie, o aumento da frequência de visitação pode melhorar a taxa de frutificação (Blüthgen e Klein, 2011). Para uma borboleta ser um polinizador efetivo, ela precisa realizar visitas constantes a uma espécie de planta (Dafni, 1992; Anderson e Dobson, 2003). As borboletas que se alimentam com frequência do néctar de *L. camara*, realizam grande número de visitas às flores das plantas, isso aumenta a probabilidade de polinização (Barp *et al.*, 2006). Observamos que houve uma relação positiva entre o número de visitas florais com o sucesso reprodutivo de *L. camara*. Isso se deve ao acréscimo no número de visitas florais, que leva a um aumento no número de pólen transportado. Consequentemente existe maior possibilidade dos estigmas receberem pólen exógeno, que por fim ocasiona em maior sucesso na polinização (Herrera, 1988; 1989). Em nosso estudo detectamos que os visitantes mais frequentes de *L. camara* foram os Hesperíidae. Os hesperídeos são considerados visitantes generalistas (Corbet, 2000; Nilsson, 1988; Nilsson *et al.*, 1985), por esse motivo são frequentemente encontrados de muitas outras plantas como

Orchidaceae, Curcubitaceae, Scrophulariaceae, Asteraceae e Verbenaceae principalmente *Lantana* (Ikeuchi *et al.*, 2015; Noubissié *et al.*, 2012; Carrión-Tacuri *et al.*, 2012; 2014).

CONCLUSÃO

Neste trabalho, pudemos verificar que o aumento na abundância e riqueza dos visitantes florais leva a um incremento no sucesso reprodutivo de uma planta generalista. Tanto a riqueza quanto a abundância influenciam diretamente no número de visitas florais observadas, e ambas aumentam o sucesso reprodutivo. Desta forma, concluímos que o aumento da diversidade de polinizadores influencia no sucesso reprodutivo de *L. camara*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aigner, P.A. 2004. Floral specialization without trade-offs: optimal corolla flare in contrasting pollination environments. *Ecology* 85 (9): 2560-2569.

Alexandersson, R.; Johnson S. D. 2002. Pollinator-mediated selection on flower-tube length in a hawkmoth-pollinated *Gladiolus* (Iridaceae). *Proceeding of Royal Society* 269: 631–636.

Andersson, S.; Dobson, H. E. M. 2003. Behavioral foraging responses by the butterfly *Heliconius melpomene* to *Lantana camara* floral scent. *Journal of Chemical Ecology* 29(10): 2303–2318.

Bauder, J.A.S.; Warren, A.D.; Krenn, H.W. 2015. Evolution of extreme proboscis lengths in Neotropical butterflies (Lepidoptera: Hesperidae) in plant-pollinator networks. *Arthropod-Plant Interactions* 9:415–424.

Baker, H. G. 1994. The evolution of weeds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5: 1-24.

- Barp, E. A., Soares, G. L. G.; Gosmann, G.; Machado, A. M. & Moreira, G. R. P. 2006. Phenotypic plasticity in *Passiflora suberosa* L. (Passifloraceae): induction and reversion of two morphs by variation in light intensity. *Brazilian Journal of Biology* 66:853-862.
- Bloch, D.; Werdenberg, N.; Erhardt, A. 2006. Pollination crisis in the butterfly pollinated wild carnation *Dianthus carthusianorum*?. *New Phytologist* 169: 699–706.
- Blüthgen, N.; Klein, A. 2011. Functional complementarity and specialisation : The role of biodiversity in plant – pollinator interactions. *Basic and Applied Ecology* 12, 282–291.
- Butterfliesofamerica. 2016 (<http://butterfliesofamerica.com/>) Acessado em 10.03.2016.
- Carrión-Tacuri J., Berjano R., Guerrero G., Figueroa M. E., Tye A. and Castillo J. M. 2012. Nectar production by invasive *Lantana camara* and endemic *L. peduncularis* in the Galápagos Islands. *Pacific Science* 66: 435–445.
- Carrión-Tacuri J.; Berjano R.; Guerrero G.; Figueroa M. E.; Tye A.; Castillo J. M. 2014. Fruit set and the diurnal pollinators of the invasive *Lantana camara* and the endemic *Lantana peduncularis* in the Galapagos Islands. *Weed Biology and Management* 14: 209-219.
- Cruden, R. W.; Hermann-Parker, S. M. 1979. Butterfly Pollination of *Caesalpinia Pulcherrima*, with Observations on a Psychophilous Syndrome. *Journal of Ecology* 67: 155-168.
- Corbet, S. A. 2000. Butterfly nectaring flowers: butterfly morphology and flower form. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 96: 289–298.
- D'abrera, B. 1981. *Butterflies of the Neotropical Region. Part I. Papilionidae & Pieridae*. Victoria, Hill House, XIV+172p.
- D'abrera, B. 1984. *Butterflies of the Neotropical Region. Part II. Danaidae, Ithomidae, Heliconidae & Morphidae*. Victoria, Hill House, XII+210p.
- D'abrera, B. 1987a *Butterflies of the Neotropical Region. Part III. Brassolidae, Acraeidae & Nymphalidae (partim)*. Victoria, Hill House, IX+139p.

- D'abrera, B. 1987b. *Butterflies of the Neotropical Region. Part IV. Nymphalidae (partim)*. Victoria, Hill House, XV+150p.
- D'abrera, B. 1988. *Butterflies of the Neotropical Region. Part V. Nymphalidae (conc.) & Satyridae*. Victoria, Hill House, IX+197p.
- D'abrera, B. 1994. *Butterflies of the Neotropical Region. Part VI. Riodinidae*. Victoria, Hill House, IX+216p.
- Dafni, A. 1992. *Pollination ecology: a practical approach*. Oxford University Press. 250 pp.
- Dafni, A.; Kevan, P. G.; Husband, B. C. 2005. *Practical pollination biology*. Cambridge: Enviroquest. 590 pp.
- Deprá, M. S. 2012. *Abelhas polinizadoras de Solanum lycopersicum L. (Solanaceae) em áreas de plantio inseridas em diferentes paisagens no município de São José de Ubá, RJ*. Dissertação de mestrado/Universidade Federal do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 67 pp.
- DeVries, P. J. 1987. Stratification of fruit-feeding nymphalid butterflies in a Costa Rican rainforest. *Journal of Research on the Lepidoptera* 26(1-4): 98-108.
- Ebeling, A.; Klein, A.; Schumacher, J.; Weisser, W. W.; Tschardtke, T. 2008. How does plant richness affect pollinator richness and temporal stability of flower visits. *Oikos* 117:1808-1815.
- Faegri, K; van der Pijil, L. 1976. *Principles of pollination ecology*. Pergamon press, New York, USA.
- Fisogni A., Cristofolini G., Rossi M.; Galloni M. 2011. Pollinator directionality as a response to nectar gradient: promoting outcrossing while avoiding geitonogamy 13: 848-856.
- Gilbert, L. 1972. Pollen feeding and reproductive biology of *Heliconius* butterflies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 69: 1403.

Garibaldi L. A, Steffan-Dewenter I, Winfree R, *et al.* 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science* 339: 1608–11.

Garibaldi, L. A.; Carvalheiro, L. G.; Leonhardt, S. D.; Aizen, M. A.; Blaauw, B. R.; Isaacs, R.; Winfree, R. 2014. From research to action : enhancing crop yield through wild pollinators. *The Ecological Society of America* 2:439-447.

Garwood, K.; Lehman, R.; Carter, W.; Carter, G. 2009. *Butterflies of Southern Amazonia*. 2° ed. McAllen Publishing, Texas. 374 pp.

Harris, L. F., Johnson, S. D. 2004. The consequences of habitat fragmentation for plant-pollinator mutualism. *International Journal of Tropical Insect Science* 24: 29-43.

Heithaus, E. R.; Opler, P. A.; Baker, H. G. 1974. Bat activity and pollination of *Bauhinia pauletia*: plant pollinator coevolution. *Ecology* 55:412–419.

Herrera, C. M. 1988. Variation in mutualisms: the spatio-temporal mosaic of a pollinator assemblage. *Biological Journal of the Linnean. Society* 35: 95-125.

Herrera, C. M. 1989. Analysis of the “quantity” component in a plant-pollinator system. *Oecologia* 80: 241–248.

Hillebrand, H. D. S.; Gruner, E. T.; Borer, M. E. S.; Bracken, E. E.; Cleland, J. J.; Elser, W. S.; Harpole, J. T.; Ngai, E. W.; Seabloom, J. B.; Shurin, J.; Smith, E. 2008. Consumer versus resource control of producer diversity depends on ecosystem type and producer community structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 10904- 10909.

Hoehn, P.; Tschardtke, T.; Tylianakis, J. M.; Steffan-Dewenter, I. 2008. Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. *Proceedings of the royal society*. 275: 2283–2291.

Ikeuchi, Y.; Suetsugu, K.; Sumikawa, H.; 2015. Diurnal Skipper *Pelopidas mathias* (Lepidoptera : Hesperiiidae) Pollinates *habenaria radiata* (Orchidaceae), *Entomological news* 125(1): 7–11.

Janzen, D. H. 1972. Protection of *Barteria* (Passifloraceae) by *Pachysima* ants (Pseudomyrmecinae) in a Nigerian rain forest. *Ecology* 53: 885-892.

Jennersten, O. 1985. Flower visitation and pollination efficiency of North European butterflies. *Oecologia* 63:80-89.

Johnson S. D.; Bond, W. J. 1994. Red flowers and butterfly pollination in the fynbos of South Africa. In Plant–animal interactions in Mediterranean-type ecosystems. *Kluwer Academic Publishers* 32:137–148.

Klein, A.; Steffan-Dewenter, I.; Tscharrntke, T. 2003. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees, *The royal society* 270: 955–961.

Kremen, C.; Williams, N. M.; Thorp, R. W. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification, *PNAS* 26: 16813.

Krenn, H. 2010. Feeding Mechanisms of Adult Lepidoptera: Structure, Function, and Evolution of the Mouthparts. *Annual Reviews Entomology* 55: 307-327.

Kleizen, C.; Midgley J.; Johnson S. D. 2008. Pollination systems of *Colchicum* (Colchicaceae) in southern Africa: evidence for rodent-pollination. *Annual Botanic* 102: 747–755.

Learnaboutbutterflies. 2016 (<http://www.learnaboutbutterflies.com/index.htm>)
Acessado em 10.03.2016

Nilsson, L. A.; Jonsson, L.; Rason, L.; Randrianjohany. E.1985. Monophily and pollination mechanisms in *Angraecum arachnites* Schltr. (Orchidaceae) in a guild of long-tongued hawkmoths (Sphingidae) in Madagascar. *Biological Journal of the Linnean Society* 26:1–19.

Nilsson, L. A. 1988. The evolution of flowers with deep corolla tubes. *Nature* 334, 147–149.

Noubissié, J. T.; Nestor, F.; Fohouo, T.; Ngaoundéré, P. O. B. 2012. Role of Lepidoptera as Pollinators on the Breeding Systems of *Striga hermonthica* (Del) Benth,

under the Guinea Savannah zone conditions. *Annals of Biological Research* 3 (6):2821-2828.

PPBio.2014 (<http://ppbio.inpa.gov.br/sitios/campusufam>) Acessado em 03.03.2016.

Okashi, K.;Yahara, T. 1998. Effects of variation in flower number on pollinator visits in *Cirsium purpuratum* (asteraceae). *American Journal of Botany* 85(2): 219–224.

Ribeiro, J. E. L. S.; Hopkins, M. J. G.; Vicentini, A.; Sothers, C. A.; Costa, M. A. S.; Brito, J. M.; Souza, M. A. D.; Martins, L. H.; Lohmann, L. G.; Assunção, P. A.; Pereira, E. C.; Silva, C. F.; Mesquita, M. R.; Procópio, L. C. 1999. Flora da Reserva Ducke. *Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra firme na Amazônia Central*. INPA-DFID. 800 pp.

Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M. G., Panetta, D. F; West, C. J. 2000. Naturalization and invasion of alien plants concepts and definitions diversity and distributions, 6, 93 – 107

Ricklefs, R. E. 2010. *A economia da Natureza*. 6ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 503 pp.

Sanders, R. W. 2012. Taxonomy of *Lantana* (Verbenaceae): II. Taxonomic Revision. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 6 (2): 403-441.

Sanzol, J; Herrero, M. 2001. Frutificación en el cultivar de peral “Agua Aranjuer” . I Requerimientos de Polización. *Fruticultura Profesional* 130:25-30.

Stannig, L. G.; Frankie, G. W.; Baker, R. G. 2006. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26:141- 159.

Schemske, D. W. 1980. Evolution of floral display in the Orchids *Brassovola nodosa*. *Society for the Study of Evolution* 34(3): 489-493.

Siqueira Filho, J. A. 1998. Biologia floral de *Hohenbergia ridleyi* (Baker) Mez. *Bromélia* 5 (1-4): 3-13.

Vosgueritchian, S. B. 2010. *Redes de Interação planta-visitantes florais e a restauração de processos ecológicos em florestas tropicais*. Tese de doutorado/Universidade de São Paulo/Instituto de Biociências em Ecologia. 145 pp.

Wiklund, C.; Eriksen, T.; Lundberg, H. 1979. The wood white butterflies *Leptidea sinapis* and its nectar plants: a case of mutualism or parasitism?. *Oikos* 33:358-362.

Willmer, P. 2011. *Pollination and floral ecology*. Princeton University. Press, New Jersey.

Wilson, P.; Thomson, J.D. 1996. How do flowers diverge? *in* Barreto, A. A.; Freitas, L. 2007. Atributos florais em um sistema de polinização especializado: *Calathea cylindrica* (Roscoe) K. Schum. (Marantaceae) e abelhas Euglossini. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 1806-9959.

Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. Third editions Prentice-Hall International Editions, New Jersey.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aigner, P. A. 2004. Floral specialization without trade-offs: optimal corolla flare in contrasting pollination environments. *Ecology* 85 (9): 2560-2569.

Aleixo, K. P. 2013. Sazonalidade na disponibilidade de alimento e dinâmica de forrageamento em *Scaptotrigona* aff. *Depilis* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Dissertação de mestrado. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP. 87 pp.

Alencar, J. C. 1994. Fenologia de cinco espécies arbóreas tropicais de Sapotaceae correlacionada a variáveis climáticas na Reserva Ducke, Manaus, AM. *Acta Amazônica*. 24 (3/4): 161-182.

Ananias, D. S.; Souza, E. B.; Souza, P. F. S.; Souza, A. M. L.; Vitorino, M. I.; Teixeira, G. M.; Ferreira, D. B. 2010. Climatologia da estrutura vertical da atmosfera em novembro para Belém-PA. *Revista Brasileira de Meteorologia* 25 (2): 218-226.

Anselmo, F. A.; Kerpel, S. M.; Ferreira Junior, A.; Zanella, F. C. V. 2013. Abundância, riqueza de espécies e variação temporal de borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) visitantes florais em área de caatinga e floresta ciliar no semiárido paraibano. *Revista de Biologia e Farmácia* 9 (4):1983-4209.

Araújo, S. I. 2006. *Estrutura e influência da sazonalidade na comunidade de borboletas da subfamília Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae) na Estação Científica Ferreira Penna, Melgaço, Pará*. Dissertação. Universidade Federal do Pará/Curso de mestrado do Museu Paraense Emílio Goeldi. 56 pp.

Araújo, E.L.; Castro, C.C.; Albuquerque, U.P. 2007. Dynamics of Brazilian Caatinga-A Review Concerning the Plants, *Environment and People. Functional Ecosystems and Communities* 1: 15-28.

Bastianetto, E.; Cunha, A. P.; Bello, A. C. P. P.; Melo, M. M. 2005. Intoxicação de bezerros búfalos por *Lantana* spp. em Minas Gerais: relato de casos. *Revista Brasileira de Reprodução Animal* 29: 57-59.

Bastolla, U.; Fortuna, M. A.; Pascual-Garcia, A.; Ferrera, A.; Luque, B.; Bascompte, J. 2009. The architecture of mutualistic networks minimizes competition and increases biodiversity. *Nature* 458: 1018-1020.

Bawa, K. S. 1990. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annal Revist Ecology and Systematics* 21:399-422.

Bloch, D.; Werdenberg, N.; Erhardt, A. 2006. Pollination crisis in the butterfly pollinated wild carnation *Dianthus carthusianorum*?. *New Phytologist* 169: 699–706.

Brito, M. F; Tokarnia, C. H; Döbereiner, J. 2004. A toxidez de diversas *Lantanas* spp. para bovinos e ovinos no Brasil. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 24 (3): 153-159.

Butterfliesofamerica. 2016 (<http://butterfliesofamerica.com/>) Acessado em 10.03.2016

Castillo, S.; Carabias. J. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: fenología. *Biotica* 7:551-568.

Cruden, R. W.; Hermann-Parker, S. M. 1979. Butterfly Pollination of *Caesalpinia pulcherrima*, with Observations on a Psychophilous Syndrome. *Journal of Ecology* 67: 155-168.

- Dafni, A. 1992. *Pollination ecology: a practical approach*. Oxford University Press, New York. 272 pp.
- Dafni, A.; Kevan, P. G.; Husband, B. C. 2005. *Practical pollination biology*. Cambridge: Enviroquest. 590 pp.
- Darrault, R. O.; Schlindwein, C. 2002. Esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) no tabuleiro Paraibano, nordeste do Brasil: abundância, riqueza e relação com as plantas esfingófilas. *Revista Brasileira de Zoologia* 19 (2): 429-443.
- Del Claro, K.; Torezan-Silingardi, H. M.; Belchior, C.; Alves-Silva, E. 2009. Ecologia comportamental: uma ferramenta para a compreensão das relações animais-plantas. *Oecologia Brasileira* 13 (1): 16-26.
- DeVries, P. J. 1987. Stratification of fruit-feeding nymphalid butterflies in a Costa Rican rainforest. *Journal of Research on the Lepidoptera* 26(1-4): 98-108.
- Faegri, K.; van der Pijil, L. 1976. *Principles of pollination ecology*. Pergamon Press, New York, USA.
- Frankie, G. W.; Baker, H. G.; Opler, P. A. 1974. Tropical plant phenology: applications for studies in community ecology. *Phenology and Seasonality Modeling* 2: 87-96 pp.
- Fretwell, S. D.; Lucas, H. L. 1970. On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds. I. Theoretical development. *Acta Biotheor* 19: 16-36.
- Fenster, C. B.; Armbruster, W. S.; Wilson, P.; Thomson, J. D.; Dudash, M. R. 2004. Pollination syndromes and floral specialization. *Annual Review of Ecology and Systematics* 35: 375-403.
- Fisch, G.; Marengo, J. A.; Nobre, C. A. 1998. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta Amazonica* 28 (2): 101-126.
- Fonseca, C. R.; Ganade, G. 1996. Asymmetries, compartments and null interactions in an Amazonian ant-plant community. *Journal of Animal Ecology* 65: 339-347.
- Guimarães, P. R.; Rico-Gray, V.; Oliveira, P. S.; Izzo, T. J.; Reis, S. F.; Thompson, J. N. 2007. Interaction intimacy affect structure and coevolutionary dynamics I mutualistic networks. *Current Biology* 17: 1797-2803.

- Gilbert, L. 1972. Pollen feeding and reproductive biology of *Heliconius* butterflies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 69: 1403-1407.
- Gobbo-Neto, L.; Lopes, N. P. 2007. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Química Nova*. 30: 374-381.
- Handel, S. N. 1983. Pollination ecology, plant population structure and gene flow. p. 163-212. In: Fonseca, N. G.; Kumagai, A. F.; Mielke, O. H. H. 2006. Lepidópteros visitantes florais de *Stachytarpheta cayennensis* (Rich.) Vahl (Verbenaceae) em remanescente de Mata Atlântica, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 50 (3): 399-405.
- Janzen, D. H. 1967. Synchronization of Sexual Reproduction of Trees Within the Dry Season in Central America. *Evolution* 21. 620-637.
- Jordano, P; Bascompte, J; Olesen, J. M. 2003. Invariant properties in coevolutionary networks of plant–animal interactions. *Ecology Letters* 6: 69-81.
- Lau, J. A.; Galloway, L. F. 2004. Effects of low-efficiency pollinators on plant fitness and floral trait evolution in *Campanula americana* (Campanulaceae). *Oecologia* 141(4): 577-583.
- Learnaboutbutterflies. 2016 (<http://www.learnaboutbutterflies.com/index.htm>)
Acessado em 10.03.2016
- Maruyama, P. K.; Vizentin-Bugoni, J.; Oliveira, G. M.; Oliveira, P. E.; Dalsgaard, B. 2014. Morphological and spatio-temporal mismatches shape a Neotropical savanna plant-hummingbird network. *Biotropica* 46: 740-747.
- Memmott, J. 1999. The structure of a plant-pollinator food web. *Ecology Letters* 2: 276-280.
- Morellato, L. P. C. 1992. Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi. In Morellato, L. P. C. *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Editora UNICAMP, Campinas, 98-109 pp.

- Pleasants, J. N. 1981. Bumblebee Response to Variation in Nectar Availability. *Ecology* 62: 1648-1661.
- Possingham, H. P. 1992. Habitat Selection by Two Species of Nectarivore: Habitat Quality Isolines. *Ecology* 73: 1903-1912.
- PPBio. 2014 (<http://ppbio.inpa.gov.br/sitios/campusufam>) Acessado em 03.03.2016.
- Rathcke, B.; Lacey, E. P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16:179-214.
- Rech, A. R.; Avila Jr, R. S.; Schlindwein, C. 2014. Síndromes de polinização: especialização e generalização. In: Rech, A. R.; Agostini, K.; Oliveira, P. E.; Machado, I. C. *Biologia da Polinização*. Projeto Cultura. 171-181 pp.
- Ricklefs, R. E. 2010. *A economia da Natureza*. 6ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 503 pp
- Sanders, R. W. 2012. Taxonomy of *Lantana* (Verbenaceae): II. Taxonomic Revision. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 6 (2): 403-441.
- Schaik, C. P.; Terborgh, J. W.; Wright, S. J. 1993. The phenology of tropical forests : adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 353-377 pp.
- Schemske, D. W.; Horvitz, C. C. 1984. Variation among floral visitors in pollination ability. A precondition for mutualism and specialization. *Science* 225: 519-521.
- Siqueira Filho, J. A. 1998. Biologia floral de *Hohenbergia ridleyi* (Baker) Mez. *Bromélia* 5 (14): 3-13.
- Sokal, R. R.; Rohlf, F. J. 1981. Taxonomic congruence in the Leptopodomorpha re-examined. *Systematic Zoology* 30: 309-325.
- Sousa, E. O; Costa, J. M. 2012. Genus *Lantana*: chemical aspects and biological activities. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 22 (5): 1155-1180.
- Stang, M; Klinkhamer, P. G. L; Meijden, E. 2006. Size constraints and flower abundance determine the number of interactions in a plant-flower visitor web. *Oikos* 112: 111-121.

- Stebbins, G. L. 1970. Adaptive Radiation of reproductive characteristics in Angiosperms, I: Pollination Mechanisms. *Annual Review of Ecology and Systematics* 1: 307-326.
- Thompson, J. N.; Pellmyr, O. 1992. Mutualism with pollinating seed parasites amid copollinators: constraints and specialization. *Ecology* 73 (5): 1780-1791.
- Thompson, J. N. 1997. Evaluating the dynamics of coevolution among geographically structured populations. *Ecology* 78(6): 1619–1623.
- Thompson, J. N.; Fernandez, C. C. 2006. Temporal Dynamics of Antagonism and Mutualism in a Geographically Variable Plant-Insect Interaction. *Ecology* 87: 103-112.
- Torezan-Silingardi, H. M. 2012. *Flor e animais: uma introdução à história natural da polinização*. In: Del Claro, K; Torezan-Silingardi, H. M. *Ecologia das Interações Plantas-Animais uma abordagem ecológico-evolutiva*. Technical Books Editora. 113-139 pp.
- Vosgueritchian, S. B. 2010. Redes de Interação planta-visitantes florais e a restauração de processos ecológicos em florestas tropicais. Tese. Universidade de São Paulo/Instituto de Biociências em Ecologia. 145 pp.
- Waddington, K. D. 1976. Pollination of *Apocynumbibiricum* (Apocynaceae) by Lepidoptera. *The Southwestern Naturalist* 21: 31-55 pp.
- Waser, N. M. 1979. Pollinator availability as a determinant of flowering time in *Ocotillo* (*Fouquieriasplendens*). *Oecologia* 39: 107-121.
- Wikander, T. 1984. Mecanismos de dispersión de diásporas de una selva decídua em Venezuela. *Biotropica* 16 (4): 276-283 pp.
- Wiklund, C.; Erikson, T.; Lundberg, H. 1979. The wood white butterflies *Leptodeixis* and its nectar plants: a case of mutualism or parasitism?. *Oikos* 33: 358-362.
- Willmer, P. 2011. *Pollination and floral ecology*. Princeton University Press, New Jersey.

Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. Third editions Prentice-Hall International Editions, New Jersey.

APENDICE

Tabela 4. Resultado do teste de Tukey referente à relação entre todos os tratamentos somados aos dois períodos climáticos estudados.

Tratamento por período climático	Valor de P
Autopolinização manual- mais chuva x Autopolinização espontânea- mais chuva	0,9896593
Polinização aberta - mais chuva x Autopolinização espontânea- mais chuva	0,9999999
Polinização cruzada manual- mais chuva x Autopolinização espontânea- mais chuva	0,8411170
Visitas únicas- mais chuva x Autopolinização espontânea- mais chuva	0,2962645
Autopolinização espontânea- menos chuva x Autopolinização espontânea- mais chuva	0,9995272
Autopolinização manual- menos chuva x Autopolinização espontânea- mais chuva	0,0307352
Polinização aberta- menos chuva x Autopolinização espontânea- mais chuva	0,0000389
Polinização cruzada manual- menos chuva x Autopolinização espontânea- mais chuva	0,0000639
Visitas únicas- menos chuva x Autopolinização espontânea- mais chuva	0,0013344
Polinização aberta- mais chuva x Autopolinização manual- mais chuva	0,9997621
Polinização cruzada manual- mais chuva x Autopolinização manual- mais chuva	0,9995949
Visitas únicas- mais chuva x Autopolinização manual- mais chuva	0,9102898
Autopolinização espontânea- menos chuva x Autopolinização manual- mais chuva	0,9999148
Autopolinização manual- menos chuva x Autopolinização manual- mais chuva	0,5010863
Polinização aberta- menos chuva x Autopolinização manual- mais chuva	0,0061425
Polinização cruzada manual- menos chuva x Autopolinização manual- mais chuva	0,0088615
Visitas únicas- menos chuva x Autopolinização manual- mais chuva	0,0810084
Polinização cruzada manual- mais chuva x Polinização aberta- mais chuva	0,9734196
Visitas únicas- mais chuva x Polinização aberta- mais chuva	0,6829614
Autopolinização espontânea- menos chuva x Polinização aberta- mais chuva	0,9999998
Autopolinização manual- menos chuva x Polinização aberta- mais chuva	0,2921317
Polinização aberta- menos chuva x Polinização aberta- mais chuva	0,0057123
Polinização cruzada manual- menos chuva x Polinização aberta- mais chuva	0,0076822
Visitas únicas- menos chuva x Polinização aberta- mais chuva	0,0508374
Visitas únicas- mais chuva x Polinização cruzada manual- mais chuva	0,9997724
Autopolinização espontânea- menos chuva x Polinização cruzada manual- mais chuva	0,9575994
Autopolinização manual- menos chuva x Polinização cruzada manual- mais chuva	0,9872899

Polinização aberta- menos chuva x Polinização cruzada manual- mais chuva	0,2609276
Polinização cruzada manual- menos chuva x Polinização cruzada manual- mais chuva	0,3065326
Visitas únicas- menos chuva x Polinização cruzada manual- mais chuva	0,7177258
Autopolinização espontânea- menos chuva x Visitas únicas- mais chuva	0,3986203
Autopolinização manual- menos chuva x Visitas únicas- mais chuva	0,9999979
Polinização aberta- menos chuva x Visitas únicas- mais chuva	0,6100644
Polinização cruzada manual- menos chuva x Visitas únicas mais chuva	0,6731213
Visitas únicas- menos chuva x Visitas únicas- mais chuva	0,9699599
Autopolinização manual- menos chuva x Autopolinização espontânea- menos chuva	0,0120017
Polinização aberta- menos chuva x Autopolinização espontânea- menos chuva	0,0000005
Polinização cruzada manual- menos chuva x Autopolinização espontânea- menos chuva	0,0000011
Visitas únicas- menos chuva x Autopolinização espontânea- menos chuva	0,0001048
Polinização aberta- menos chuva x Autopolinização manual- menos chuva	0,5063400
Polinização cruzada manual- menos chuva x Autopolinização manual- menos chuva	0,5932198
Visitas únicas- menos chuva x Autopolinização manual- menos chuva	0,9827905
Polinização cruzada manual- menos chuva x Polinização aberta- menos chuva	1,0000000
Visitas únicas- menos chuva x Polinização aberta- menos chuva	0,9916191
Visitas únicas- menos chuva x Polinização cruzada manual- menos chuva	0,9966107
