

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais - FCBA
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade - PPGECB

Biologia reprodutiva de *Solanum lycocarpum* (Solanaceae):
relação recíproca com abelhas polinizadoras, formigas dispersoras
de sementes e drosophilídeos hospedeiros de frutos

PAULO ROBERTO DE ABREU TAVARES

Dourados-MS

Agosto 2017

Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais
Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da
Biodiversidade

PAULO ROBERTO DE ABREU TAVARES

Biologia reprodutiva de *Solanum lycocarpum* (Solanaceae):
relação recíproca com abelhas polinizadoras, formigas dispersoras
de sementes e drosophilideos hospedeiros de frutos

Tese apresentada a Universidade Federal da Grande
Dourados (UFGD), como parte dos requisitos exigidos
para obtenção do Título de DOUTOR EM
ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE.

Área de Concentração: Entomologia/Biodiversidade
conservação

Orientador: Prof. Dr. Valter Vieira Alves Junior

Dourados – MS

Agosto 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

T231b Tavares, Paulo Roberto De Abreu

Biologia Reprodutiva de *Solanum lycocarpum* (Solanaceae): relação recíproca com abelhas polinizadoras, formigas dispersoras de sementes e drosofilídeos de frutos. / Paulo Roberto De Abreu Tavares -- Dourados: UFGD, 2017.

160f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Valter Vieira Alves Júnior

Co-orientador: Leandro Pereira Polatto

Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Visitantes florais. 2. Polinizadores. 3. Recursos florais. 4. Fragmentação. 5. Lobeira. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

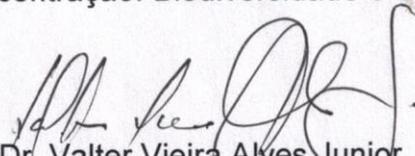
©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

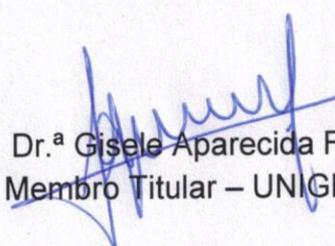
“BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE):
RELAÇÃO RECÍPROCA COM ABELHAS POLINIZADORAS, FORMIGAS
DISPERSORAS DE SEMENTES E DROSOFILÍDEOS HOSPEDEIROS DE
FRUTOS”.

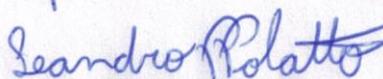
Por

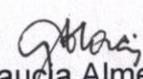
PAULO ROBERTO DE ABREU TAVARES

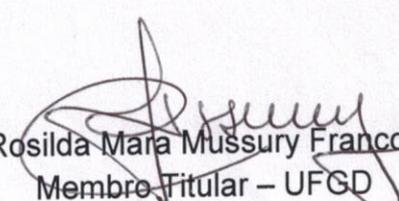
Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTOR EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação


Dr. Valter Vieira Alves Junior
Orientador/Presidente – UFGD


Dr.ª Gisele Aparecida Felix
Membro Titular – UNIGRAN


Dr. Leandro Pereira Polatto
Membro Titular – UEMS


Dr.ª Glaucia Almeida de Moraes
Membro Titular - UEMS


Dr.ª Rosilda Mara Mussury Franco Silva
Membro Titular – UFGD

Aprovada em: 31 de agosto de 2017.

Biografia do Autor

Paulo Roberto de Abreu Tavares, filho de Gilvan Pinto Tavares e Nilda Franciscisca de Abreu Tavares, nasceu no estado de Rondônia na cidade de Pimenta-Bueno. Graduiu-se em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Durante a graduação foi bolsista de iniciação científica durante dois anos. Dentre os projetos de extensão que participou destaca-se o RONDON. No ano de 2012 ingressou no mestrado pelo programa de pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade na UFGD. Em 2014 concluiu o mestrado e ingressou no doutorado nesta mesma área de conhecimento. Foi bolsista CAPES durante o mestrado e doutorado. Atuou como professor colaborador na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul durante dois anos. Na Entomologia acumula em sua trajetória profissional experiência nas subáreas: Estratégias de forrageio floral e Comportamento de abelhas e biologia floral.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente ao SENHOR DEUS, pela coragem, força que me guia, dando-me coragem e perseverança para continuar seguindo em frente mesmo quando os obstáculos para mim pareciam intransponíveis. Agradeço pelas vitórias conquistadas e todas as bênçãos concedidas, pois a cada dia que passa tenho mais certeza que *Tudo posso naquele que me fortalece* - Filipenses (4:13).

Aos meus pais que nunca mediram esforços para me auxiliar a chegar até aqui, principalmente a minha mãe que sempre esteve ao meu lado incondicionalmente não medindo esforços para a minha educação pessoal e formação profissional e por ter sido minha grande companheira de campo.

Ao Prof. Dr. Valter Vieira Alves Junior, que me orientou nesse trabalho com muita dedicação, e sempre me apoiou em todas as ideias de trabalho, me incentivando em tudo. Obrigado professor, todas as vezes que me reunia com o senhor em sua sala, eu saía de lá com mais força de vontade e mais confiante, quero que fique sabendo que eu seguirei seu estilo de pesquisa. Muito obrigado, seu conhecimento foi fundamental para a elaboração desta tese. Além de ser alguém que sempre acreditou em mim, me concedendo autonomia para encarar os desafios dessa vida de pesquisador.

Agradeço a Juliana Teixeira que me ofereceu apoio e incentivo. Lembrarei de sua amizade em todos dias de minha vida, pois é um grande privilégio quando temos ao nosso lado pessoas como você. Desejo que Deus te devolva em dobro tudo que você me proporcionou com sua amizade verdadeira. Saiba que sempre poderá contar comigo. Agradeço a Michele Castro, Irys Couto, Jessica Amaral e demais amigos com as quais eu tive o prazer de compartilhar conhecimento e acima de tudo a amizade.

Ao também (ex) orientador professor João Cloves Stanzani Dutra, da UEMS Unidade Universitária de Ivinhema, pelo apoio e incentivo. A professora Gláucia Almeida de Moraes que desde a graduação também sempre me apoiou e incentivou e ao professor Leandro Polatto por todo auxílio.

À Universidade Federal da Grande Dourados.

A CAPES pela bolsa concedida.

Obrigado! Sucesso a vocês. Que Deus continue abençoando todos que me apoiaram durante o doutorado.

“O fracasso jamais me surpreenderá se minha decisão de vencer for suficientemente forte” (OgMandino)

Dedico este trabalho,

A Deus, que me abençoa e me ilumina todos os dias.

Aos meus pais.

Sumário

Biologia reprodutiva de *Solanum lycocarpum* (Solanaceae):
relação recíproca com abelhas polinizadoras, formigas dispersoras
de sementes e drosophilideos hospedeiros de frutos

Resumo geral.....	x
Abstract	xii
Introdução geral.....	1
Referências Bibliográficas.....	9

**Capítulo 1. A INTERRELAÇÃO ENTRE A MORFOLOGIA FLORAL DE
Solanum lycocarpum E O TAMANHO CORPORAL DAS ABELHAS
VISITANTES GARANTE O SUCESSO REPRODUTIVO?.** Publicado no periódico
Interciencia. Normas em Anexo I e publicação Anexo V.

Resumo	19
Abstract.....	20
Introdução.....	21
Material e Métodos.....	22
Resultados e Discussão.....	24
Referências Bibliográficas.....	28

Capítulo 2. *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE) E AS ABELHAS: UMA INTERAÇÃO DE DEPENDÊNCIA

Resumo.....	34
Abstract.....	35
Introdução.....	36
Material e Métodos.....	37
Resultados e Discussão.....	40
Referências Bibliográficas.....	47

Capítulo 3. INTERAÇÕES AGONÍSTICAS ENTRE ABELHAS VISITANTES DAS FLORES DE *Solanum lycocarpum* (SOLANACEAE)

Resumo.....	50
Abstract.....	51
Introdução.....	52
Material e Métodos.....	53
Resultados e Discussão.....	55
Referências Bibliográficas.....	64

Capítulo 4. INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NA ATIVIDADE DE FORRAGEIO DAS ABELHAS EM ÁREA DE FLORESTA SEMI DECIDUAL

Formatado nas normas da Sociobiology. Normas Anexo II.

Resumo	69
Abstract.....	70
Introdução.....	71
Material e Métodos.....	71
Resultados e Discussão.....	73
Referências Bibliográficas.....	78

Capítulo 5. *Atta laevigata* (Smith, 1858) ATUA COMO DISPERSORA DAS SEMENTES DE *Solanum lycocarpum*? Publicado no periódico Sociobiology. Normas

Anexo II e publicação Anexos V.

Resumo	84
Abstract.....	85
Introdução.....	86
Material e Métodos.....	87
Resultados e Discussão.....	89
Referências Bibliográficas.....	94

Capítulo 6. A LOBEIRA (*Solanum lycocarpum* A. St. Hil.) COMO UM SIGNIFICATIVO ELEMENTO PARA A MANUTENÇÃO DA FAUNA DE ABELHAS POLINIZADORAS DE CULTURAS. Publicado em Cadernos de Agroecologia. Normas Anexo III e publicação Anexos V.

Resumo	99
Abstract.....	100
Introdução.....	101
Material e Métodos.....	102
Resultados e Discussão.....	104
Referências Bibliográficas.....	109

Capítulo 7. SÍTIOS DE CRIAÇÃO DE DROSOFILÍDEOS (INSECTA: DIPTERA) EM FRUTOS DA LOBEIRA. Formatado nas normas do periódico Bragantia. Normas Anexo IV.

Resumo	113
Abstract.....	114
Introdução.....	115
Material e Métodos.....	116
Resultados e Discussão.....	117
Referências Bibliográficas.....	121

Anexos

Anexo I: normas: Interciencia	129
Anexo II: Normas: Cadernos de Agroecologia	131
Anexo III: Normas: Sociobiology	137
Anexo IV: Normas: Bragantia	140
Anexos V: Artigos publicados (arquivos em pdf)	146

Biologia reprodutiva de *Solanum lycocarpum* (Solanaceae): relação recíproca com abelhas polinizadoras, formigas dispersoras de sementes e drosophilídeos hospedeiros de frutos

Resumo geral

A polinização é um dos processos chave na manutenção da diversidade, abundância e atividades dos organismos. Dessa forma, trabalhos que englobam os mecanismos de polinização, sistemas sexuais e reprodutivos e a dispersão de sementes, fornecem informações essenciais para a compreensão das relações planta-animal. Levando em consideração essas informações os objetivos deste trabalho visaram estudar amplamente a biologia reprodutiva de *Solanum lycocarpum*, bem como analisar a morfologia floral da espécie; a interação das abelhas com as flores; testar a efetividade das diferentes espécies de polinizadores na formação dos frutos; a influência dos fatores abióticos na atividade de voo das abelhas visitantes, verificar o papel de formigas da espécie *Atta laevigata* na dispersão de suas sementes, a relação de drosofilídeos com os frutos dessa espécie e avaliar o papel de *S. lycocarpum* como fonte de recurso para a manutenção de abelhas em plantios agrícolas, pelo estudo fenológico qualitativo de uma população. As abelhas das espécies *Centris scopipes* e *Epicharis flava* foram as que mais contribuíram com o sucesso reprodutivo de *S. lycocarpum* uma vez que, respectivamente, 90% e 82,5% das flores visitadas uma única vez por elas resultaram em frutos. Verificou-se que *S. lycocarpum* é autoincompatível e necessita das abelhas visitantes para realizar a polinização, pois se reproduz apenas por xenogamia. Foram registrados 401 encontros agressivos, contemplando as diferentes interações agonísticas. Essas interações foram observadas apenas entre as espécies *O. flavescens*, *E. fulvofasciata*, *Augochlora* sp e *Augochloropsis* sp. Acredita-se que a possível redução da disponibilidade de recurso na área, causada pelo desmatamento do fragmento de floresta, pode ter contribuído para a intensificação da competição e conflitos entre as abelhas. A maioria dos forrageios das abelhas não foi influenciada significativamente pelos fatores ambientais avaliados. Portanto, sugere-se que a redução na frequência dos forrageios estaria relacionada também a redução da oferta de pólen nas flores de *S. lycocarpum*, em função da intensidade das atividades na sua busca pela manhã, desenvolvidos pelas abelhas. *Atta*

laevigata agiram primariamente como predadoras, com poucas sementes descartadas, porém, suas ações podem interferir na regeneração da vegetação nativa, apresentando papel significativo na remoção das sementes de *S. lycocarpum*. A população de *S. lycocarpum* apresentou padrão de floração contínuo e quantitativamente uniforme. Tal padrão de florescimento permite considerar a espécie como excelente fonte de recurso para a guilda de abelhas polinizadoras. Os frutos dessa espécie são um importante hospedeiro para drosofilídeos, sendo que as espécies encontradas, mesmo sendo consideradas exóticas, representam um relevante registro para região de transição Cerrado-Mata Atlântica, para o Estado do Mato Grosso do Sul.

Palavras-chaves: Fragmentação, Lobeira, polinizadores, recursos florais, visitantes florais.

Reproductive biology of *Solanum lycocarpum* (Solanaceae): reciprocal relationship with pollinating bees, seed dispersers ants and fruit host drosophilids

Abstract

Pollination is one of the key processes in maintaining the diversity, abundance and activities of organisms. Thus, studies involving pollinator mechanisms, sexual and reproductive systems, and seed dispersal provide essential information for the understanding of plant-animal relationships. Taking into account this information the objectives of this work were to study extensively the reproductive biology of *Solanum lycocarpum*, as well as to analyze the floral morphology of the species; the interaction of bees with flowers; to test the effectiveness of different pollinator species on fruit formation; the influence of abiotic factors on the flight activity of visiting bees, to verify the role of ants of the species *Atta laevigata* in the dispersion of their seeds, the relation of drosophilids with the fruits of this species and to evaluate the role of *S. lycocarpum* as a resource for the maintenance of bees in agricultural crops, by the qualitative phenological study of a population. The Bees of species *Centris scopipes* and *Epicharis flava* were the ones that most contributed to the reproductive success of *S. lycocarpum* since, respectively, 90% and 82.5% of the flowers visited once by them resulted in fruit. It was verified that *S. lycocarpum* is autoincompatible and requires the bees visitors to carry out the pollination, since it reproduces only by xenogamy. 401 aggressive encounters were recorded, contemplating the different agonistic interactions. These interactions were observed only among the species *O. flavescens*, *E. fulvofasciata*, *Augochlora* sp and *Augochloropsis* sp. It is believed that the possible reduction in the availability of resources in the area, caused by deforestation of the forest fragment, may have contributed to the intensification of competition and conflicts among bees. The majority of bees' forages were not significantly influenced by the environmental factors evaluated. Therefore, it is suggested that the reduction in the frequency of most bees foraging was not significantly influenced by the environmental factors evaluated. Therefore, it is suggested that the reduction in the frequency of forages would also be related to the reduction of the supply of pollen in the flowers of *S. lycocarpum*, depending on the intensity of the activities in their search in the morning, developed by the bees. *Atta laevigata* acted primarily as predators, with few seeds discarded, but their actions may interfere in the regeneration of native vegetation, presenting a significant role in the removal of *S. lycocarpum* seeds. The population of *S. lycocarpum* presented

a continuous and quantitatively uniform flowering pattern. This pattern of flowering allows to consider the species as an excellent source of resource for the guild of pollinating bees. The fruits of this species are an important host for drosophilidae, and the species found, even though considered exotic, represent a relevant record for the transition region of Cerrado-Mata Atlântica, for the State of Mato Grosso do Sul State.

Keywords: Fragmentation, Lobeira, pollinators, floral resources, floral visitors.

Introdução geral

Um fator crucial na reprodução de grande parte das espécies vegetais é a polinização, que consiste na transferência do pólen, para o estigma, quando este é receptivo (DEL CLARO & TOREZAN-SILINGARDI, 2012). Os grãos de pólen podem ser transportados até o estigma das flores, pelo vento, pássaros, morcegos, água, homem e principalmente pelos insetos (MCGREGOR, 1976).

Cada espécie dentro das famílias de plantas apresentam características morfológicas e fisiológicas específicas que podem atrair diferentes guildas de polinizadores (BARBOSA, 1997). As diferentes formas, tamanhos e cores das flores polinizadas por animais reflete a grande diversidade de interações planta-polinizador que podem existir (MOMOSE et al., 1998) facilitando ou restringindo o forrageio por determinados animais (CURTI & ORTEGA-BAES, 2011). Porém, existe certo grau de correspondência entre as características de uma flor e o tipo de animal que a visita e poliniza (MOMOSE et al., 1998).

O papel funcional dos serviços ecossistêmicos prestados pelos polinizadores é crucial na manutenção da biodiversidade e da composição florística (KEVAN & VIANA, 2003; BIESMEIJER et al., 2006; POTTS et al., 2010), por isso esses organismos são apontados como elementos-chave para a conservação e manutenção dos ecossistemas naturais (WRATTEN et al., 2012; RECH et al., 2014), já que 87,5% das plantas com flores conhecidas dependem, em algum momento, de animais polinizadores (OLLERTON et al., 2011).

Acredita-se que 75% das espécies vegetais nativas se beneficiam da polinização animal e 73% destas são polinizadas por alguma espécie de abelha, portanto seu declínio assume uma importância funcional tanto para seres humanos quanto para a biodiversidade (BROWN & PAXTON, 2009; WINFREE, 2010; NUNES-SILVA, 2011). Quando esse serviço ambiental é prestado por organismos nativos as vantagens são maiores, pois eles são mais adaptados a condições ambientais da região em que vivem, efetivando o processo de polinização (WINFREE et al., 2007).

Dentro do grupo de polinizadores, as abelhas apresentam-se como aquele mais significativo no processo (MICHENER, 2007). Estima-se que existam entre 25.000 e 30.000 espécies de abelhas no mundo (KEARNS et al., 1998). A dependência das abelhas por recursos florais e das plantas pelo serviço de polinização, propiciou o

surgimento de adaptações recíprocas, observadas na morfologia e comportamento das abelhas e nos diferentes tipos florais (RECH et al., 2014).

Esse destaque se deve por sua dependência em visitar diariamente uma grande quantidade de flores para coletarem os recursos para a sua alimentação individual e, no caso das abelhas eussociais, para a manutenção da colônia (ROUBIK, 1989; MICHENER, 2007). Elas constituem o grupo mais especializado, apresentando adaptações morfológicas para coletar, manipular, transportar e armazenar o pólen de maneira eficiente (DANFORTH et al., 2006). Além dessas adaptações, o comportamento de forrageio das abelhas varia entre bastante generalista, desenvolvido por espécies que visitam uma variedade de plantas em florescimento a especialistas, abelhas que visitam uma ou poucas espécies vegetais (WASE & OLLERTON, 2006).

Problemas na fragmentação de ambientes

Os sistemas plantas-polinizadores são sensíveis às perturbações antrópicas (MEMMOTT et al., 2007; HOOVER et al., 2012). Existe uma série de fatores que resultam em alteração da paisagem que podem acarretar no declínio das populações de abelhas tais como: desmatamento, fragmentação de ambientes naturais (FAHRIG, 2003), que eliminariam as fontes de alimento (pólen, néctar, óleos vegetais), locais de abrigo (do clima e predadores) e de nidificação e reprodução (KREMEN et al., 2002; LARSEN et al., 2005; FREITAS & PINHEIRO, 2012), uso de inseticidas, retirada de ninhos da natureza para coleta de mel e outros produtos, no caso de espécies sociais (KREMEN et al., 2002) e a introdução de espécies capazes de competir com as abelhas nativas, principalmente pelos recursos florais (KEVAN & VIANA, 2003).

As causas para o declínio da população dos polinizadores são complexas e multifacetadas. A perda ou modificação do habitat, assim como a expansão da fronteira agrícola, tem levado a redução na diversidade e abundância dos polinizadores nativos (KREMEN et al., 2002; FREITAS et al., 2009). Práticas modernas de agricultura são altamente danosas para espécies de abelhas que nidificam em solos, pois a aragem constante da terra, compactação do solo, remoção de barrancos e o acúmulo de agrotóxicos no solo podem dificultar o processo de nidificação ou causar a mortalidade desses organismos durante esse estágio (RECH et al., 2014).

A remoção de substratos como galhos e troncos também afetam as abelhas que usam tais recursos para a nidificação. As perdas de polinizadores não afetam apenas as

plantas, que ficam com a sua produtividade abaixo do seu potencial, mas também a manutenção de outros animais que dependem de frutos e sementes para a sua sobrevivência (RECH et al., 2014).

Dentre todos os fatores apresentados, tem se dado maior ênfase aos problemas causados pelos defensivos agrícolas e redução das fontes de alimento (FREITAS & PEREIRA, 2004; MALASPINA et al., 2008). O cultivo de monoculturas e culturas geneticamente modificadas tem aumentado à utilização indiscriminada desses pesticidas (PARTAP, 2004; FREITAS & PINHEIRO, 2010). A remoção da vegetação herbácea por meio da capina ou herbicidas também elimina fontes de forrageio, refúgio e nidificação (OSBORNE et al., 1991).

Ainda há o risco de influência das mudanças climáticas (GHAZOUL, 2005) que afetam tanto na distribuição das espécies como também nas interações entre polinizadores e plantas (PARMESAN, 2006; GIANNINI et al., 2012; RAFFERTY & IVES, 2012).

As mudanças climáticas globais podem promover alterações na distribuição geográfica das espécies de abelhas e plantas. Além disso, podem mudar seus ciclos reprodutivos, e nos casos mais drásticos levar a ruptura das interações abelha-planta (HEGLAND et al., 2009). Mudanças bruscas de temperatura, por exemplo, pode alterar ciclos biológicos e extensão de áreas favoráveis a dispersão de espécies de polinizadores (IMPERATRIZ-FONSECA et al 2012).

Devido ao declínio de espécies de abelhas nas últimas décadas, estudos relacionados ao serviço prestado pelos polinizadores estão sendo cada vez mais reconhecidos no mundo todo (IMPERATRIZ-FONSECA, 2010).

Pelo fato da polinização ser um dos primeiros passos da reprodução vegetal, qualquer alteração neste nível pode ser ampliado nos níveis subsequentes (RATHCKE & JULES, 1993; WILCOCK & NEILAND, 2002). A ausência de polinização adequada levaria à redução do desenvolvimento de frutos e sementes produzidos pelas plantas e, conseqüentemente, dos organismos que dependem delas (BIESMEIJER et al., 2006; POTTS et al., 2010; LENTINI et al., 2012; WRATTEN et al., 2012).

A fragmentação também pode mudar a distribuição espacial das plantas, que conseqüentemente afeta os padrões de atividades de polinizadores (CRESSWELL, 1997), pois eles podem mudar seu comportamento de forrageio de acordo com a quantidade de recursos disponíveis para manter o ganho energético, dependendo da

recompensa da planta dentro de uma parcela e da distância de voo entre o remanescente da vegetação (ANDRIEU et al., 2009).

A alteração no comportamento de forrageio dos polinizadores gera redução nas taxas de fluxo gênico entre os fragmentos e a recolonização dos mesmos, conduzindo a uma baixa persistência (KREMEN et al., 2007), sucesso reprodutivo, adaptabilidade e até a sobrevivência das espécies vegetais nessas áreas antropizadas (GOVERDE et al., 2002). A retirada da vegetação nativa acaba afetando o uso de recursos de alimentação e nidificação para espécies de polinizadores mais especialistas e que, portanto, não conseguem se utilizar de plantas introduzidas (KEARNS & INOUE, 1997).

Plantas que dependem de uma ou poucas espécies semelhantes de polinizadores, são provavelmente mais susceptíveis a essas ações antrópicas do que espécies mais generalistas (RATHCKE & JULES, 1993; RENNER, 1998); essas espécies vegetais que tem sua reprodução mediada apenas por poucas espécies da comunidade de polinizadores possuem um sistema denominado de “Sistema de Polinização Especializado” (PAUW, 2006).

Alterações nas condições abióticas provocadas pela fragmentação e pela perda de habitat podem causar redução na densidade de flores, conseqüentemente as plantas passam a produzir quantidades insuficientes de recursos para a manutenção das populações de polinizadores (RATHCKE & JULES, 1993; MURCIA, 1996). A ausência de polinizadores eficientes também pode ser responsável pela carga reduzida de pólen nos estigmas das flores, levando a diminuição de frutos formados de algumas espécies de plantas nativas (CUNNINGHAM, 2000) e na produção plena de sementes, principalmente em regiões com alta diversidade de plantas, sugerindo uma elevada dependência das plantas com flores por polinizadores (OLLERTON et al., 2011).

Se esses polinizadores não forem capazes de cruzar as barreiras resultantes de atividades humanas, as espécies vegetais podem não ser visitadas e polinizadas efetivamente, (BHATTACHARYA et al., 2003). Se o deslocamento de polinizadores ficar restrito a populações individuais isoladas, espera-se uma perda considerável da variabilidade genética (MURCIA, 1996; NASON et al., 1997; KAGEYAMA & GANDARA, 1998), pois haverá uma redução do fluxo polínico e, conseqüentemente no fluxo gênico, entre os indivíduos, em decorrências da redução e isolamento das populações (AIZEN & FEINSINGER, 1994; MURCIA, 1995).

Para espécies autoincompatíveis ou dioicas, que dependem obrigatoriamente da participação dos vetores de polinização para reprodução, a diminuição do fluxo de pólen

ou mesmo a chegada de grãos não compatíveis ao estigma, resulta em baixa produção de frutos e sementes (KEARNS & INOYE, 1997).

Polinizadores especialistas, como abelhas solitárias (MICHENER, 2007) também são mais vulneráveis a fragmentação de habitats, pois geralmente existem em pequenas populações, com distribuição agrupada (QUESADA et al, 2004), portanto pequenos fragmentos são mais passíveis de excluir estas populações, podendo causar a extinção local das mesmas (SIMBERLOFF, 1988).

Certamente são as plantas especialistas que se tornam as mais vulneráveis por possuírem poucas espécies como polinizadores, enquanto as plantas com sistema de polinização generalizada podem ser resistentes à perda de algumas espécies de polinizadores (BOND, 1994).

Uma estrutura inteira de comunidades bióticas pode ser drasticamente modificada quando espécies de plantas-chave perdem seus polinizadores (GOVERDE et al., 2002), interrompendo o fluxo gênico e ameaçando o sistema planta-polinizador (ROUBIK, 2000)

Sabe-se que ocorrem alterações nos sistemas de reprodução após a exploração florestal como, por exemplo, o aumento da taxa de autofecundação (OBAYASHI et al., 2002). Em ambientes fragmentados, há uma tendência de diminuição na frequência de sistemas sexuais dióicos, heterostilicos, andromonóicos e hermafroditas autoincompatíveis e um favorecimento à seleção de sistemas hermafroditas autocompatíveis (MURCIA, 1996; KAGEYAMA & GANDARA, 1998).

Indivíduos de várias espécies de plantas recebem menos pólen que o necessário para produção plena de sementes, principalmente em regiões com alta diversidade vegetacional, sugerindo uma elevada dependência de plantas com flores, por polinizadores (OLLERTON et al., 2011).

Características de Solanaceae

A família Solanaceae é constituída por cerca de 3000 espécies divididas em 106 gêneros, com distribuição cosmopolita, sendo a América do Sul um dos principais centros endêmicos e de diversidade (AGRA et al., 2009). Várias espécies dessa família possuem grande relevância na colonização de áreas abertas e perturbadas como pastagem, clareiras, borda de florestas e beira de estradas, sendo, portanto classificada

como espécies pioneiras (SILVA et al., 1996; TABARELLI et al., 1999), como é o caso de *Solanum lycocarpum*.

Em áreas degradadas pela ação antrópica, espécies consideradas invasoras, são as primeiras que colonizam, se estabelecem e mudam o ambiente, ou seja, propiciam condições adequadas para que espécies mais exigentes e de crescimento lento se estabeleçam posteriormente, constituindo um processo sucessão ecológica até o desenvolvimento de florestas primárias (RICKLEFS, 2003), essa colonização é dependente tanto do processo de polinização como da dispersão de sementes (MURRAY et al., 2000).

Solanum é o maior gênero dessa família, com aproximadamente 1400 espécies (AGRA et al, 2009), onde a maioria delas possuem anteras poricidas, estando relacionadas a um sistema de polinização bastante especializado, desenvolvido por abelhas capazes de vibrar os músculos das asas para a extração do pólen das anteras, denominado “buzz-pollination” (BUCHMANN, 1993).

Solanum lycocarpum (Figura 1 A, B) popularmente conhecida como “Lobeira”, “Fruta-do-lobo” (MIRANDA & BASTOS, 2010), é um arbusto comum no Bioma do Cerrado, na região central do Brasil (CORREA, 1984; SCHWARTZ et al., 2007; PINTO et al., 2007; NAKAMURA et al., 2008).

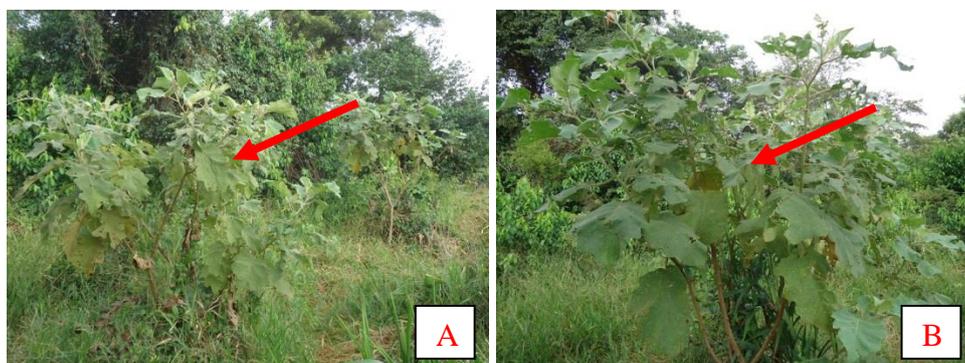


Figura 1. Indivíduos de *Solanum lycocarpum* localizados na borda do fragmento (FOTOS DE TAVARES, 2014).

As flores dessa espécie estão reunidas em inflorescências cimosas (GALASSI et al., 2006), apresentam corola de coloração roxa, contêm cinco anteras coniventes, de amarelo intenso, poricidas, que rodeiam a estrutura do gineceu. A presença de anteras poricidas é característica do gênero *Solanum* (SOUZA & LORENZI, 2005), sendo que a

fenologia de floração dessa espécie contribui para a manutenção da comunidade de abelhas na sua área de desenvolvimento (TAVARES et al., 2014).

Em um mesmo indivíduo são produzidas flores hermafroditas (estilete longo) e flores funcionalmente masculinas (estilete curto) (Figura 2 A e B) (OLIVEIRA FILHO & OLIVEIRA, 1988), necessitando obrigatoriamente da visita de abelhas com capacidade de vibração para a polinização dessas flores (TAVARES, et al 2017).



Figura 2. Flores de *Solanum lycocarpum*. A) Flor com estilete curto. B) Flor com estilete longo (FOTOS DE TAVARES, 2014).

Seus frutos são uma baga globosa, verde, atingindo 8 a 12 cm (CORREA, 1984; PINTO et al., 2007) e servem de fonte nutricional para várias espécies, dentre elas, *Chrysocyon brachyurus* (lobo guará), *Tapirus terrestris* (Anta), *Cerdocyon thous* (cachorro do mato), *Lycalopex vetulus* (raposa do campo), *Tupinambis merianae* (Tiú, Teiú ou Teju), principalmente durante a estação de seca, quando outros recursos alimentares tornam-se escassos (MOTTA et al., 2002; OLIVEIRA JUNIOR et al., 2004; PINTO et al., 2007). Além disso, suas sementes servem de substrato para o desenvolvimento do fungo utilizado como alimento pela formiga cortadeira *Atta laevigata* (TAVARES et al., 2016).

Dessa forma trabalhos relacionados a biologia reprodutiva e englobando os mecanismos de polinização, os sistemas reprodutivos e a dispersão de sementes são de extrema relevância pois nos fornecem informações práticas importantes que facilitam a compreensão das relações planta-animal, a distribuição das populações e a dinâmica do fluxo gênico entre estas populações (BAWA et al. 1985).

Levando em consideração todas essas características de especialização do sistema reprodutivo e da necessidade de uma guilda de polinizadores especializados em coletar grãos de pólen em flores com anteras poricidas e sua significância ecológica e devido ao fato que a degradação ambiental na região de estudo vem sendo agravada com a substituição da vegetação original por pastagens, e mais recentemente pela monocultura da cana-de-açúcar e que esses impactos influenciam negativamente nas populações da flora e da fauna e conseqüentemente, nos visitantes florais (Figura 3 A, B) o objetivo geral para realização desse trabalho foi estudar amplamente a biologia reprodutiva de *S. lycocarpum*.

Os objetivos específicos foram: 1) analisar a morfologia floral da espécie; 2) verificar a interação das abelhas com as flores; 3) testar a efetividade das diferentes espécies de polinizadores na formação dos frutos; 4) verificar a influência dos fatores abióticos na atividade de voo das abelhas visitantes mais frequentes, 5) verificar o papel de formigas da espécie *Atta laevigata* na dispersão de suas sementes, 6) verificar a relação de drosofilídeos com os frutos dessa espécie e 7) testar o papel de *S. lycocarpum* como fonte de recurso para a manutenção de abelhas importantes aos plantios agrícolas, pelo estudo fenológico qualitativo de uma população.



Figura 3. Alterações na área de estudos. A) Período de início do estudo B) Período de término do estudo. Fonte: google Earth 2015.

Referências Bibliográficas

- AGRA, M. F.; NURIT-SILVA, K. & BERGER, L. R. 2009. Flora da Paraíba, Brasil: *Solanum L.* (Solanaceae). *Acta Botânica Brasilica*, 23: 826-842.
- AIZEN, M. A. & FEINSINGER, P. 1994. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a chaco dry forest, Argentina. *Ecology*, 75: 330-351.
- ANDRIEU, E., DORNIER, A., ROUIFED, S., SCHATZ, B. & CHEPTOU, P. 2009. The town Crepis and the country Crepis: How does fragmentation affect a plant-pollinator interaction? *Acta Oecologica*, 35: 1-7.
- BARBOSA, A. A. A. 1997. Biologia reprodutiva de uma comunidade de Campo Sujo, Uberlândia - MG, Tese de Doutorado (Biologia Vegetal), Universidade Estadual de Campinas, Brasil, p. 180.
- BAWA, K. S.; BULLOCK, S. H.; PERRY, D. R.; COVILLE, R. E. & GRAYUM, M. H. 1985. Reproductive biology of tropical Lowland rain forest trees, II, Pollination mechanisms. *American Journal of Botany*, 72: 346-356.
- BHATTACHARYA, M.; PRIMACK, R.B. & GERWAIN, J. 2003. Are roads and railroads barriers to bumblebee movement in a temperate suburban conservation area? *Biological Conservation*, 109: 37-45.
- BIESMEIJER, J. C.; ROBERTS; S.P.M.; OHLEMULLER, R.; EDWARDS, M.; PEETERS, T.; SCHAFFERS, A. P.; POTTS, S. G.; KLEUKERS, R.; THOMAS, C. D.; SETTELE, J. & KUNIN, W. E. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313: 351-354.
- BOHLS, L. 1994. *Cyphomandra* (Solanaceae). *Flora Neotropica Monograph*, 63: 1-175.
- BOND, W. J. 1994. Do mutualisms matter? Assessing the impact of pollinator and disperser disruption on plant extinction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 344: 83-90.

BROWN, M. J. F. & PAXTON, R. J. 2009. The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie*, 40: 410-416.

BUCHMANN, S. L. 1983. Buzz pollination in angiosperms, In: *Handbook of experimental pollination biology* (Jones, C. E. & Litter, R. J. eds.). Van Nostrand & Reinhold, New York, p. 73-113.

CORREA, M. P. 1984. *Dicionário de plantas úteis do Brasil e exóticas cultivadas*. Brasília: Ministério da Agricultura/Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal.

CRESSWELL, J.E. 1997. Spatial heterogeneity, pollinator behaviour and pollinator-mediated gene flow: bumblebee movements in variously aggregated rows of oil-seed rape. *Oikos* 78: 546-556.

CUNNINGHAM, S. A. 2000. Depressed pollination in habitat fragments causes low fruit set *Proceedings of the Royal Society of London. Biological Sciences*, 267: 1149-1152.

CURTI, R. N. & ORTEGA-BAES, P. 2011. Relationship between floral traits and floral visitors in two coexisting *Tecoma* species (Bignoniaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 293: 207-211.

DANFORTH, B. N.; SIPES, S.; FANG, J. & BRADY, S. G. 2006. The history of early bee diversification based on five genes plus morphology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103: 5118-5123.

DEL-CLARO, K. & TOREZAN-SILINGARDI, H. M. 2012. *Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva*. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Technical Books.

FAHRIG, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34: 487-515.

FREITAS, B. M. & PINHEIRO, J. N. 2012. *Polinizadores e Pesticidas: princípios de manejo para os ecossistemas brasileiros*. 1ª Ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1: 112.

FREITAS, B. M.; & PEREIRA, J. O. P. 2004. Crop consortium to improve pollination: can West Indian Cherry (*Malpighia emarginata*) attract *Centris* bees to pollinate Cashew (*Anacardium occidentale*)? Pp: 193-201. In: Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination (Freitas, B. M. & Portela, J. O. B., eds). Imprensa Universitária UFC, Fortaleza. 285p.

FREITAS, B. M. & PINHEIRO, J. N. 2010. Efeitos sub-letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agroecossistemas brasileiros. *Oecologia australis*, 14: 282-298.

FREITAS, B.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; MEDINA, L.M.; KLEINERT, A.M.P.; GALETTO, L.; NATES-PARRA, G. & QUEZADA- EUAN, J.J.G. 2009. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie*, 40: 332-346.

GALASSI, S.C.; MELLO-SILVA, R. & SILVA, T.R.S. 2006. Flora de Grão-Mongol, Minas Gerais: Solanaceae. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, 24: 101-105.

GHAZOUL, J. 2005. Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends in Ecology & Evolution*, 20: 67-373.

GIANNINI, T. C. ACOSTA, A. L.; GARÓFALO, C. A.; SARAIVA, A. M.; SANTOS, I. A. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. 2012. Pollination services at risk: Bee habitats will decrease owing to climate change in Brazil. *Ecological Modelling*, 244: 127-131.

GOVERDE, M., SCHWEIZER, K., BAUR, B. & ERHARDT, A. 2002. Small-scale habitat fragmentation effects on pollinator behaviour: experimental evidence from the bumblebee *Bombus veteranus* on calcareous grasslands. *Biological Conservation* 104: 293-299.

HEGLAND, S.J.; NIELSEN, A.; LAZARO, A.; BJERKNES, A.L. & TOTLAND, O. 2009. How does climate warming affect plant-pollinator interactions? *Ecology Letters*, 12: 184-195.

HOOVER, S. E. LADLEY, J.J.; SHCHEPETKINA, A. A.; TISCH, M.; GIESEG, S. P. & TYLIANAKIS, J.M. 2012. Warming, C.O, and nitrogen deposition interactively affect a plant pollinator mutualism. *Ecology Letters*, 15: 227-34.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A. & SARAIVA, A. M. 2012. Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 488p.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. & NUNES-SILVA, P. 2010. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. *Biota Neotropical*, 10: 59-62.

KAGEYAMA, P. Y. & GANDARA, F.B. 1998. Consequências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. *Séria Técnica IPEF*, 12: 65-70.

KEARNS, C. A. & INOUE, D. W. 1997. Pollinators, flowering plants, and conservation biology. *Bio Science*, 47: 297-306.

KEARNS, C. A.; INOUE, D. W. & WASER, N. M. 1998. Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematic*, 29: 83-112.

KEARNS, C.A. & INOUE, D.W. 1997. Pollinators, Flowering Plants, and Conservation Biology: Much remains to be learned about pollinators and plants. *BioScience* 475: 297-307.

KEVAN, P. & VIANA, B. F. 2003. The global decline of pollination services. *Biodiversity*, 4: 3-8.

KREMEN, C., WILLIAMS, N. M., AIZEN, M. A., GEMMILL-HERREN, B., LEBUHN, G., MINCKLEY, R., PACKER, L., POTTS, S. G., ROULSTON, T., STEFFANDEWENTER, I, VÁZQUEZ, P., WINFREE, R., ADAMS, L., CRONE, E. E., GREENLEAF, S. S., KEITT, T. H., KLEIN, A. M., REGETZ, J. & RICKETTS, T. H. 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology letters* 10: 299-314.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N .M. & THORP, R. W. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A., 99: 16812-16816.

LARSEN, T. H.; WILLIAMS, N. W. & KREMEN, C. 2005. Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. Ecology letters, 8: 538-547.

LENTINI, P. E.; MARTIN, T. G.; GIBBONS, P.; FISCHER, J. & CUNNINGHAM, S. A. 2012. Supporting wild pollinators in a temperate agricultural landscape: Maintaining mosaics of natural features and production. Biological Conservation, 149: 84-92.

MALASPINA, O.; SOUZA, T. F.; ZACARIN, E. C. M. S.; CRUZ, A. S. & JESUS, D. 2008. Efeitos provocados por agrotóxicos em abelhas no Brasil. In: Anais do VIII Encontro sobre Abelhas. Ribeirão Preto, SP. 763p.

McGREGOR, S. E. 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. 1st Ed, USDA, Washington, DC, 411p.

MEMMOTT, J.; GRAZY P. G.; WASER, N.M. & PRICE, M. V. 2007. Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. Ecology Letters, 10: 710-7.

MICHENER, C. D. 2007. The bees of the world. 2nd Ed. The Johns Hopkins University Press. United States of America. 953p.

MIRANDA, M. A. & BASTOS, J. K. 2010. Avaliação do potencial antiparasitário do extrato alcaloídico e de alcalóides esteroidais dos frutos de *Solanum lycocarpum* A. St. - Hill. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 110 p.

MOMOSE, K.; YUMOTO, T.; NAGAMITSU, T. KATO, M.; NAGAMASU, H.; SAKAY, S.; HARRISON, R. D.; ITIOKA, T.; HAMID, A. A. & INOUE, T. 1998. Pollination biology in a lowland dipterocarp forest in Sarawaka, Malaysia, I,

Characteristics of the plant-pollinator community in a lowland diptero carp forest. *American Journal of Botany*, 85: 1477-1501.

MOTTA, S.; GUERRA, M. O.; PETERS, V. M. & REIS, J. E. P. 2002. Administração de polvilho de lobeira (*Solanum lycocarpum* St. Hill) a ratas lactando: desenvolvimento físico das crias. *Revista Lecta*, 20: 53-60.

MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 10: 58-62.

MURCIA, C. 1996. Forest fragmentation and the pollination of neotropical plants. In *Forests Patches in tropical landscapes* (Schelhas, J. & Greenberg, R. eds.). pp. 19-36.

MURRAY, K.G, KINSMAN, S. & BROSTEIN, J.L. 2000. Plant-animal interactions. In. *Monteverde: Ecology and Conservation of a Tropical Cloud Forest* (Nadkarni, N. M. & Wheelwright, N.T. eds). New York, Oxford University Press, p. 245-302.

NAKAMURA, S.; HONGO, M.; SUGIMOTO, S.; MATSUDA, H. & YOSHIKAWA, M. 2008. Steroidal saponins and pseudoalkaloid oligoglycoside from Brazilian natural medicine, “fruta do lobo” (fruit of *Solanum lycocarpum*). *Phytochemistry*, 69: 1565-1572.

NASON, J. D., ALDRICH, P. R. & HAMRICK, J. L. 1997. Dispersal and the dynamics of genetic structure in fragmented tropical tree populations. In: *Tropical Forest remnants: Ecology, Management, and Conservation of fragmented Communities* (Laurence, W. F. & Bierregaard, R. O. Jr. eds.). The University of Chicago Press, Chicago, USA. pp. 304-320.

NUNES-SILVA, P. 2011. Capacidade vibratória e polinização por vibração nas abelhas do gênero *Melipona* (Apidae, Meliponini) e *Bombus* (Apidae, Bombini). Tese (Doutorado em Ciências) – Departamento de Biologia, Universidade de São Paulo.

OBAYASHI K, TSUMURA Y, IHARA-UJINO T, NIIYAMA K, TANOUCHI H, SUYAMA Y, WASHITANI I, LEE CT, LEE SL & NORWATI M. 2002. Genetic diversity and outcrossing rate between undisturbed and selective logged forest of

Shorea curtissi using microsatellite DNA analysis. International Journal of Plant Science, 163: 151-158.

OLIVEIRA FILHO, A. T. & OLIVEIRA, L. C. 1988. A Biologia floral de uma população de *Solanum lycocarpum* St, Hill, (Solanaceae) em Lavras MG. Revista Brasileira de Botânica, 11: 23-32.

OLIVIERA J.R, E. N.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P.; CORREA, A. D. & SANTOS, J. Z. L. 2004. Alterações pós-colheita da “fruta-de-lobo” (*Solanum lycocarpum* St. Hill) durante o amadurecimento: Análises físico-químicas, químicas e enzimáticas. Revista Brasileira de Fruticultura, 26: 410-413.

OLLERTON, J.; WINFREE, R. & TARRANT, S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? Oikos, 120: 321-326.

OSBORNE, J.L.; WILLIAMS, I.H. & CORBET, S. A. 1991. Bees, pollination and habitat change in the European Community. Bee World, 72: 99-116.

PARMESAN, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 3: 637-669.

PARTAP, U. 2004. An overview of pollinators research and development in the Hindu Kushhimalayan region. In: Solitary Bees: conservation, rearing and management for pollination (Freitas, B. M. & Pereira, J. O. P. eds.). Fortaleza: UFC/ Imprensa Universitária, p. 57-66.

PAUW, A. 2006. Floral syndromes Accurately Predict Pollination by specialized oil-collecting bee (*Rediviva peringueyi*, Melittidae) in a guild of guild of south African orchids (Coryciinae). American Journal of botany, 93: 917-926.

PINTO, L. V. A.; SILVA, E. A. A.; DAVIDE, A. C.; JESUS, V. A. M.; TOOROP, P. E. & HILJORST, H. W. M. , 2007. Mechanism and control of *Solanum lycocarpum* seed germination. Annals of Botany, 100: 1175-1187.

POTTS, S. G., BIESMEIJER, J. C., KREMEN, C. NEUMANN, P., SCHWEIGER, O. & KUNIN, W. E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25: 345-53.

QUESADA, M., STONER, K.E., LOBO, J.A., HERRERÍAS-DIEGO, PALÁCIOS-GUEVARA, C., MUNGUIA-ROSAS, M.A., SALAZAR, K.A.O. & ROSAS-GUERRERO, V. 2004. Effects of forest fragmentation on pollinator activity and consequences for plant reproductive success and mating patterns in bat-pollinated bombacaceous trees. *Biotropica* 36: 131-138.

RAFFERTY, N. E. & IVES, A. R. 2012. Pollinator effectiveness varies with experimental shifts in flowering time. *Ecology*, 93: 803-14.

RATHCKE, B. J. & JULES, E. S. 1993. Habitat fragmentation and plant-pollinator interactions. *Current Science*, 65: 273-277.

RECH, A.R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P.E. & MACHADO, I.C. 2014. *Biologia da polinização*. 1ª Ed. Ceres Belchior, Rio de Janeiro: Projeto Cultura, 527p.

RENNER, S. S. 1998. Effects of habitat fragmentation on plant pollinator interactions in the tropics. In: *Dynamics of tropical communities* (Newbery, D, M.; Prins, H.H.T. & Brown, N.D. eds.). Blackwell science, Oxford, USA. p. 339-360.

RICKLEFS, R. E. 2003. *A economia da natureza*. 5ª Ed., Rio de Janeiro: Guanabra Koogan, 542p.

ROUBIK, D. W. 1989. *Ecology and natural history of tropical bees*, New York: Cambridge University Press, 514p.

ROUBIK, D. W. 2000. Pollination system stability in tropical America. *Conservation Biology*, 14: 1235-1236.

SCHWARTZ, A.; PINTO, E.; HARAGUCHI, M.; OLIVEIRA, C. A.; BERNARDI, M. M. & SPINOSA, H. S. 2007. Phytochemical study of *Solanum lycocarpum* (St. Hill) unripe fruit and its effects on rat gestation. *Phytotherapy Research*, 21: 1025-1028.

SILVA, J.M.C., U.H.L, C. & MURRAY, G. 1996. Plant succession, landscape management, and the ecology of frugivorous birds in abandoned Amazonian pastures. *Conservation Biology*, 10: 491-503.

SIMBERLOFF, D. 1988. The contribution of population and community biology to conservation science. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 19: 473-511.

SOUZA, V. C. & LORENZI, H. 2005. *Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II*, Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 640p.

TABARELLI M., MANTOVANI, W. & PERES, C. A. 1999. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. *Biological Conservation*, 91: 119-127.

TAVARES P. R, A, ALVES JUNIOR, V. V. & MORAIS, G. A. 2014. A Lobeira (*Solanum lycocarpum* A. St. Hil.) como um Significativo Elemento para a Manutenção da Fauna de Abelhas Polinizadoras de Culturas. *Cadernos de Agroecologia*, 9: 12.

TAVARES P. R, A, ALVES JUNIOR, V. V. & MORAIS, G. A. 2016. Does *Atta laevigata* (Smith, 1858) act as *Solanum lycocarpum* seed dispersers?. *Sociobiology*, 63: 682-687.

TAVARES P. R, A, ALVES JUNIOR, V. V. & MORAIS, G. A & POLATTO, L. P. 2017. A Interrelação entre a morfologia floral de *Solanum lycocarpum* e o tamanho corporal das abelhas visitantes garante o sucesso reprodutivo?. *Interciencia*, 42: 375-379.

WASER, N. M. & OLLERTON, J. 2006. Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization. In: *Geographical variation in diversity and specificity of pollination systems* (Ollerton, J., Johnson, S.D. & Hingston, A. B., eds), pp. 283-308. University of Chicago Press, Chicago.

WILCOCK, C. & NEILAND, R. 2002. Pollination failure in plants: why it happens and when it matters. *Trends in Plant science*, 7: 270-277.

WINFREE, R. 2010. The conservation and restoration of wild bees. *Annals of the New York Academy of Sciences*, New York, 1195: 169-97.

WINFREE, R., WILLIAN, N.M., DUSHOFF, J. & KREMEN, C. 2007. Native bees provide e against ongoing honey bee losses. *Ecology Letters*, 10: 1105-1113.

WRATTEN, S. D., GILLESPIE, M., DECOURTYE, A., MADER, E. & DESNEUX, N. 2012. Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 159: 112-122.

CAPÍTULO 1

A interrelação entre a morfologia floral e o tamanho corporal das abelhas visitantes garante o sucesso reprodutivo de *Solanum lycocarpum*?

Resumo: A eficiência na polinização depende de fatores que favorecem a transferência de pólen entre as flores. O trabalho objetivou avaliar a influência das abelhas visitantes das flores de *Solanum lycocarpum* no sucesso reprodutivo de plantas desta espécie e a relação entre a morfologia floral e o tamanho corporal das abelhas. Para comparação da morfologia floral foram utilizadas 25 flores de cada morfo. Os testes de avaliação da eficiência na polinização foram conduzidos a partir do isolamento de 240 botões florais em pré antese. A contribuição das espécies de abelhas mais frequentes para o fluxo de pólen entre indivíduos de *S. lycocarpum* foi determinada pela contagem de flores e arbustos visitados em cada forrageio. Verificou-se que nas corolas das flores com estilete longo o gineceu apresenta maior diâmetro do que nas corolas das flores com estilete curto. As demais estruturas não diferiram significativamente. As abelhas das espécies *Centris scopipes* e *Epicharis flava* foram as que mais contribuíram com o sucesso reprodutivo de *S. lycocarpum* uma vez que, respectivamente, 90% e 82,5% das flores visitadas uma única vez por elas resultaram em frutos. Entretanto, pode-se considerar que os forrageios realizados pelos principais visitantes nas flores de *S. lycocarpum*, *Centris scopipes*, *Epicharis flava*, *Oxaea flavencens*, *Centris analis* e *Exomalopsis fulvofasciata* favorecem fluxo de pólen e a polinização cruzada xenogâmica para os indivíduos de *S. lycocarpum*.

Palavras-chaves: Visitantes florais, morfo floral, polinizadores, fruto do lobo, lobeira.

Abstract: The efficiency of pollination depends on factors that favor the transfer of pollen between flowers. The objective of this work was to evaluate the influence of the bees of *Solanum lycocarpum* flowers on the reproductive success of plants of this species and the relationship between floral morphometry and bees' body size. For comparison of the morphometry, 25 flowers of each morph were used. The pollination efficiency tests were conducted from the isolation of 240 buttons. The contribution of the most frequent bee species to the pollen flow among individuals of *S. lycocarpum* was evaluated by counting the number of flowers and shrubs visited in each forage. It was verified that in the corollas of the pin flowers the gynoecium presents bigger diameter than in the corollas of the thrum flowers. The other structures did not differ significantly. Bees of the species *Centris scopipes* and *Epicharis flava* were the ones that contributed the most to the reproductive success of *S. lycocarpum*, since 90% and 82.5% of the flowers visited once by them resulted in fruits. However, foraging by the main visitors in the flowers of *S. lycocarpum*: *Centris scopipes*, *Epicharis flava*, *Oxaea flavencens*, *Centris analis* and *Exomalopsis fulvofasciata* favor pollen flow and xenogamic cross-pollination in *S. lycocarpum* individuals.

Keywords: Floral visitors, floral morph, pollinators, wolf fruit, lobeira.

Introdução

A polinização é um dos processos chave na manutenção da diversidade, abundância e atividades dos organismos (Kevan e Viana 2003, Klein *et al.* 2007). As flores apresentam uma série de atributos tais como odor, cor, formato, disponibilidade de néctar e outros recursos (Faegri e Pijl, 1979) que podem facilitar ou restringir o forrageio por determinados animais (Curti e Ortega-Baes, 2011). Para os visitantes florais, a polinização é um processo secundário em relação à coleta de recursos alimentares fornecidos pela flor e pode ou não ocorrer (Proctor e Yeo, 1972; Pont 1994).

Para a polinização efetiva é necessário, entre outros fatores, adequação do formato do corpo ou determinados órgãos do visitante à morfologia floral, de como ele aborda a flor e de seu comportamento durante a visita (Proctor e Yeo, 1972; Pont, 1994). Portanto, a eficiência na polinização depende de fatores que favoreçam a transferência de pólen entre as flores e, por outro lado, desestimulem ou impeçam o acesso aos recursos florais por outros animais que não os agentes de polinização mais eficientes (Wilson e Thomson, 1996; Aigner, 2004).

O fenômeno da heterostilia é um polimorfismo floral geneticamente controlado, sendo caracterizada pela hercogamia recíproca entre morfos florais (estilete longo e estilete curto) e por um sistema genético de incompatibilidade intramorfo (Vuilleumier 1967, Ganders 1979, Barrett *et al.* 2000, Barrett 2002). A heterostilia foi registrada em 24 famílias de plantas com flores, inclusive Solanaceae (Ganders, 1979), na qual a andromonoiccia (presença de dois tipos de flores em um mesmo indivíduo) ocorre em diversas espécies do gênero *Solanum* (Symon, 1979; Avanzi e Campos, 1997), como é o caso de *Solanum lycocarpum* (Oliveira Filho e Oliveira, 1988).

As flores que ocorrem nos indivíduos andromonóicos podem ser longistilas e brevistilas (Ganders, 1979) sendo que essas plantas apresentam geralmente um sistema de autoincompatibilidade, onde só ocorre formação de frutos nos cruzamentos entre morfos, chamados cruzamentos legítimos (Barret e Richards, 1990).

Solanum lycocarpum também apresenta anteras poricidas, uma característica marcante em muitas espécies da família, especialmente as pertencentes ao gênero *Solanum*, o que restringe o número de visitantes, pois é necessário um mecanismo de

vibração para a liberação dos grãos de pólen (Bezerra e Machado, 2003), como aquele realizado por algumas espécies de abelhas.

As abelhas são consideradas o grupo de polinizadores mais relevante (Shepherd et al., 2003), pois a interação entre esses organismos e as plantas resultou em inúmeras adaptações que garantiram aos vegetais o sucesso na polinização cruzada, possibilitando novas combinações de fatores hereditários, e aumentando a produção de frutos e sementes (Couto e Couto, 2002).

Sendo assim, aspectos relacionados à morfologia floral e comportamento de visitação, bem como aqueles relativos à fisiologia e morfologia da flor, servem como parâmetros para determinar o grau de relação entre espécies de plantas e seus visitantes florais, analisando quais, dentre eles, contribuem efetivamente para a reprodução da planta (Faegri e Van der Pijl, 1979; Bertin, 1989; Proctor et al., 1996; Avanzi e Campos, 1997).

Dessa forma, este trabalho objetivou avaliar a influência das abelhas visitantes às flores, o sucesso reprodutivo e a relação entre a morfometria floral e o tamanho corporal das abelhas que visitam *S. lycocarpum*.

Material e Métodos

Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido em fragmento de Floresta Secundária, na área rural do Município de Ivinhema, Mato Grosso do Sul - Brasil (22°16'43"S 53°48'47"O). O fragmento é composto por vegetação resultante dos processos de regeneração, uma vez que a vegetação primária foi retirada para o plantio de eucalipto e com a retirada dos mesmos, as espécies nativas recolonizaram a área. Nesse fragmento encontram-se manchas com fitofisionomia de Cerradão e de Mata Atlântica. O clima da região é do tipo subtropical, oscilando de úmido a subúmido (Zavattini, 1992).

Padrão de atividade diária das abelhas visitantes

As coletas das abelhas visitantes florais aconteceram em um número variável de flores pertencentes a 15 indivíduos de *S. lycocarpum* durante 10 dias não necessariamente consecutivos, de janeiro a fevereiro de 2014, com rede entomológica, durante o processo de floração plena diretamente nas flores, entre as 6h00 e 18h15min, nos primeiros 15 minutos de cada hora.

Os demais 45 minutos de cada hora foram destinados às observações comportamentais das abelhas nas flores de *S. lycocarpum*, quando foi registrada a duração e o comportamento de visita e a região de contato da abelha, com as anteras e com o estigma. Foi utilizado um cronômetro digital para se determinar os tempos de duração das visitas nas flores.

O material coletado foi triado e identificado conforme Silveira et al. (2002). Os espécimes estão depositados na “Coleção de Abelhas” do Laboratório de Apicultura (LAP) da FCBA e no Museu da Biodiversidade (MuBio) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Morfometria floral

A caracterização morfológica das flores de *S. lycocarpum* foi realizada a partir de 25 flores de cada morfo (estilete longo e estilete curto), coletadas aleatoriamente em cinco indivíduos.

Para comparações da morfometria floral entre os dois morfos foram avaliados a altura da antera, estigma e gineceu, diâmetro da corola e comprimento do filete, estilete e pedúnculo com base nos trabalhos de Richards e Koptur (1993) e Castro e Oliveira (2002). Estas medidas foram determinadas com auxílio de paquímetro digital Digimes (resolução de 0,01 mm). Os dados foram submetidos ao teste t, ou ao teste U de Mann Whitney quando não se enquadravam na distribuição normal, ambos com nível de significância de 5%.

Eficiência na polinização e fluxo de pólen

Os testes de avaliação da eficiência na polinização foram conduzidos a partir do

isolamento de 240 botões para todos os tratamentos (espécies de abelhas e controle). Após a antese, a proteção dos botões foi removida para permitir uma única visita, e novamente protegida, exceto o controle que não ficou exposto à visitação.

A eficiência da espécie visitante no processo de polinização foi avaliada com base no percentual de formação de frutos, sendo considerados também aspectos relativos ao tamanho corporal e à forma de obtenção de pólen.

A contribuição das espécies de abelhas para o fluxo de pólen entre indivíduos de *S. lycocarpum* foi avaliada pela contagem do número de flores e arbustos visitados por elas em cada forrageio. Para isso, as abelhas eram acompanhadas até o término dos forrageios nas flores. As visitas foram acompanhadas durante dez dias não consecutivos, totalizando 110 horas, em cinco arbustos distintos, mas que se encontravam próximos, de forma a viabilizar as observações. Cada arbusto recebeu uma etiqueta de identificação, sendo respectivamente P1, P2, P3, P4 e P5.

Em relação ao tamanho corporal, as abelhas visitantes foram classificadas de acordo com métodos propostos por Roubik (1989) em: grandes (comprimento do corpo maior que 14 mm e largura do tórax maior que 6 mm); médias (comprimento do corpo entre 7 e 14 mm e largura do tórax entre 2 e 6 mm) e pequenas (tamanho do corpo menor que 7 mm e largura do tórax menor que 2 mm).

Quanto à forma de obtenção de pólen nas flores de *S. lycocarpum*, as abelhas foram consideradas vibradoras segundo a proposta de Wille (1963) e a efetividade deste comportamento categorizado de acordo com Schlindwein (2004) e Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger (1988) em: efetivos, casuais ou adicionais.

Resultados e Discussão

Morfometria floral

A amplitude de variação no diâmetro da corola foi maior nas flores com estilete longo (Tabela I) com diferença significativa ente os diâmetros das corolas ($t = -3,19$; $p = 0,0025$), na altura dos gineceus ($U = 6,06$; $p = 0,0001$), no comprimento dos estiletos ($U = 0,00$; $p = 0,0001$) e também na separação estigma/antera ($U = 0,00$; $p = 0,0001$) entre os dois morfo florais. Entretanto, não houve diferença significativa no comprimento dos filetes ($U = 312,00$; $p = 0,9923$), pedúnculo ($t = 0,7173$; $p = 0,4767$) e das anteras ($t = 0,0251$; $p = 0,9801$).

Em espécies heterostílicas, como em *Amsinckia spectabilis* (Boraginaceae), algumas das estruturas das flores com estilete curto são maiores (Gardens, 1979), entretanto, em *S. lycocarpum* verificou-se que além do gineceu, a corola das flores com estilete longo apresenta maior diâmetro do que a corola das flores com estilete curto. As demais estruturas não diferiram significativamente.

Houve correspondência entre a altura do estigma e das anteras dos morfos florais, de forma que a altura do estigma em flores de estilete longo ($21,4 \pm 2,5$ mm) corresponde à altura de anteras nas flores que contêm estilete curto ($20,8 \pm 1,3$ mm) (Tabela I), sem diferença significativa entre elas ($U = 1,73$; $p = 0,0825$). Como nas flores de *S. lycocarpum*, o posicionamento recíproco dessas estruturas pode ser exato em muitas espécies (Hamilton, 1990).

Espécies heterostílicas necessitam de um eficiente serviço de polinização, para que os grãos de pólen cheguem até os estigmas das flores e garantam a reprodução da planta (Gardens, 1979), sendo que a presença de dois morfos florais maximiza a transferência de pólen (Barret, 2002), como é o caso de *S. lycocarpum*, na qual as flores brevistilas são exclusivamente produtoras de pólen.

Eficiência na polinização e fluxo de pólen

Os principais visitantes nas flores de *S. lycocarpum* foram abelhas das espécies *Centris scopipes* Friese 1899, *Epicharis flava* Friese 1900, *Oxaea flavencens* Klug 1807, *Centris analis* Fabricius 1804 e *Exomalopsis fulvofasciata* Smith 1879.

Abelhas *C. scopipes* e *E. flava* foram as que mais contribuíram com o sucesso reprodutivo de *S. lycocarpum* uma vez que, respectivamente, 90% e 82,5% das flores visitadas uma única vez por elas resultaram em frutos. A frequência de frutos totalmente formados foram um pouco menores em função das perdas por abortamento, um fruto após a visita de *C. scopipes* e três após as visitas de *E. flava* (Tabela II).

As visitas de *O. flavencens* e de *C. analis* também resultaram em altas taxas de frutificação, podendo ser consideradas eficientes polinizadoras de *S. lycocarpum*. A alta taxa de frutificação garantida por essas espécies de abelhas estaria relacionada com o tamanho corporal (grande) e comportamento de coleta (vibrador), tornando-as eficientes

polinizadores, tendo em vista que conseguem vibrar as anteras com mais facilidade e com isso coletar e transportar maior quantidade de grãos de pólen viáveis.

A deposição de uma elevada quantidade de pólen nos estigmas só acontece quando há polinizadores eficientes realizando forrageios (Schuster et al., 1993). Como conseguiram transportar os grãos de pólen, contatar os estigmas e voar entre os arbustos, segundo Schlindwein (2004), *C. scopipes*, *E. flava*, *O. flavencens*, *C. analis* podem ser consideradas polinizadores efetivos de *S. lycocarpum*.

As visitas de *E. fulvofasciata*, uma espécie de tamanho médio, resultaram na formação de frutos viáveis em 12,5% das flores (Tabela II), provavelmente em razão de sua capacidade de vibração menos eficiente apesar do tempo de permanência mais prolongado nas flores, o que leva ao acúmulo de grãos de pólen em suas escopas.

Como o estigma das flores com estilete longo projeta-se em média $2,6 \pm 0,5$ mm além das anteras, a distância entre estas estruturas dificultava o contato da *E. fulvofasciata* com os estigmas, o que resultava em uma barreira para a polinização efetiva após uma única visita dessa espécie. Assim, por contatarem ocasionalmente as estruturas reprodutivas da flor (Inouye, 1980), estes indivíduos podem ser classificados como polinizadores casuais ou adicionais (Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger, 1988,).

Por outro lado, seguindo os critérios de Schlindwein (2004), abelhas dessa espécie também podem ser consideradas polinizadores efetivos, pois transportaram grãos de pólen e entraram em contato com os estigmas, mesmo que ocasionalmente. E ressalta-se que as flores naturalmente não são visitadas uma única vez, aumentando a carga de pólen nos estigmas, o que reflete positivamente no número de frutos produzidos e, conseqüentemente, no sucesso reprodutivo de *S. lycocarpum*.

Considerando o tamanho corporal (grande) da maioria das abelhas visitantes de *S. lycocarpum*, o comportamento que desenvolveram quando coletavam o recurso floral oferecido e a sua adequação à morfologia das flores, confirma-se a efetividade dessas abelhas como polinizadores potenciais dessa planta.

Compreende-se que a pequena distância entre os indivíduos de *S. lycocarpum* na área de estudo favorece o fluxo de pólen entre elas, visto que estudos mostram que o número de flores visitadas, à distância e a direção do voo dos polinizadores são

ajustados de acordo com aumento da agregação das plantas, como uma forma de intensificar a procura por recurso em uma determinada área e reduzir os gastos energéticos do deslocamento entre manchas onde as plantas são mais distantes (Pyke, 1978; Zimmerman, 1981; Goulson, 2000).

Epicharis flava foi a espécie que realizou o maior número de visitas em todos os dias, sendo responsável por 64,8% de todos os forrageios nas flores de *S. lycocarpum*, seguida por *C. scopipes* com 22,3%, *O. flavescens* 6,2%, *C. analis* 4,2% e *E. fulvofasciata* 2,5%. Em relação ao número de plantas visitadas *C. scopipes* visitou em média $2,5 \pm 0,1$ indivíduos de *S. lycocarpum*, *C. analis* $2,3 \pm 0,1$; *E. flava* $2,3 \pm 0,9$; *O. flavescens* $2,2 \pm 0,9$ e *E. fulvofasciata* $2 \pm 0,6$.

Quanto ao número de flores abordadas durante seus forrageios, *E. flava* visitou em média $6,5 \pm 2,4$; *C. scopipes* $7,8 \pm 2,3$; *O. flavescens* $5 \pm 2,3$; *C. analis* $5,6 \pm 2,5$ e *E. fulvofasciata* $3,2 \pm 0,7$.

A presença de escopas maiores possibilita às abelhas *E. flava*, *C. scopipes*, *O. flavescens* e *C. analis* coletarem e transportarem uma quantidade maior de grãos de pólen, quando comparadas a espécies menores, o que justificaria o maior número de visitas realizadas por elas, tanto às flores quanto às plantas. *E. fulvofasciata*, de menor porte, em poucas visitas conseguem abastecer suas escopas e, dessa forma, abelhas dessa espécie não são estimuladas a visitar muitas flores e indivíduos de *S. lycocarpum*.

A fenologia e a sincronia de floração de *S. lycocarpum* (Tavares et al., 2014) também favorecem o fluxo de pólen entre indivíduos distintos (Ollerton e Lack, 1998; McIntosh, 2002), visto que essa espécie produz poucas flores por planta, levando as abelhas visitantes a coletarem em mais de um indivíduo (Tavares et al., 2014), melhorando a eficácia da sua reprodução.

Assim sendo, considera-se que as espécies maiores tiveram maior contribuição para o fluxo de pólen entre os indivíduos de *S. lycocarpum*, favorecendo o sucesso reprodutivo da planta por meio da polinização xenogâmica.

Referências Bibliográficas

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

Avanzi, MR, Campos, MJO (1997). Estrutura de guildas de polinização de *Solanum aculeatissimum* Jacq. E *S.variabile* Mart. (Solanaceae). *Revista Brasileira Biologia*, 57: 247-256.

Barrett, SCH (2002). The evolution of plant sexual diversity. *Nature Reviews Genetics*, 3: 237-284.

Barrett, SCH, Jesson, LK, Baker, AM (2000.) The Evolution and function of stylar polymorphisms in flowering plants. *Annals of Botany*, 85:253-265.

Barrett, SCH, Richards, JH (1990). Heterostyly in tropical plants. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 55: 35-61.

Bertin, RI, Barnes, C, Guttman SI (1989). Self-sterility and cryptic self-fertility in *Campsis radicans* (Bignoniaceae). *Botanical Gazette*, 150: 397-403.

Bezerra, ELS, Machado, IC (2003). Biologia floral e sistema de polinização de *Solanum stramonifolium* Jacq. (Solanaceae) em remanescente de mata Atlântica, Pernambuco. *Acta Botanica Brasilica*, 17: 247-257.

Castro, CC, Oliveira, PE (2002). Pollination biology of distylous Rubiaceae in the Atlantic Rain Forest, SE Brazil. *Plant Biology*, 4: 640-646.

Couto, RHN, Couto, LA (2002). Apicultura: manejo e produtos, 2ª Ed, Jaboticabal: FUNEP, p. 191.

Curti, RN, Ortega-Baes, P (2011). Relationship between floral traits and floral visitors in two coexisting *Tecoma* species (Bignoniaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 293: 207-211.

Faegri, K, Van Der Pijl, L (1979). The principles of pollination ecology. Pergamon Press, New York. 244pp.

- Ganders, FR (1979). The biology of heterostyly. *New Zealand Journal of Botany*, 17: 607-635.
- Goulson, D (2000). Why do pollinators visit proportionally fewer flowers in large patches? *Oikos*, 91: 485-492.
- Inouye, DW (1980). The terminology of floral larceny. *Ecology* 61: 1251-1253.
- Kevan, P, Viana, BF (2003). The global decline of pollination services. *Biodiversity*, 4: 3-8.
- Klein, AM, Vaissière, BE, Cane, JH, Steffan-Dewenter, I, Cunningham, SA, Kremer, C, Tschamtker, T (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 274: 303-313.
- MCintosh, MN (2002) Flowering phenology and reproductive output in two sisters species of *Ferocactus* (Cactaceae). *Plant ecology*, 159:1-13.
- Oliveira Filho, AT, Oliveira, LC (1988). A Biologia floral de uma população de *Solanum lycocarpum* St, Hill, (Solanaceae) em Lavras MG. *Revista Brasileira de Botânica*, 11: 23-32.
- Ollerton, J, Lack, A (1988). Relationships between flowering phenology, plant size and reproductive success in *Lotus corniculatus* (Fabaceae). *Plant Ecology*, 139:35-47.
- Pont, AC (1994). Muscidae (Diptera) as flower-visitors and pollen feeders. *Dipterists digest*, 1: 58-61.
- Proctor, M, P. Yeo (1972). The pollination of flowers. New York, Taplinger Publ. Company, 418 pp.
- Proctor, M, Yeo, P, Lack, A (1996). The natural history of pollination. Harper Collins Publishers, New York. 479 pp.
- Pyke, GH (1978). Optimal foraging: Movement patterns of bumble-bees between inflorescences. *Theoretical Population Biology*, 13:72-98.
- Richards, JH, Koptur, S (1993). Floral variation and distyly in *Guettarda scabra* (Rubiaceae). *American Journal of Botany*, 80:31-40.

Roubik, DW (1989). Ecology and natural history of tropical bees, New York: Cambridge University Press, 514p.

Schlindwein, C (2004). Are oligolectic bees always the most effective pollinators? In: Solitary Bees - Conservation, Rearing and Management for Pollination (Freitas, BM, Pereira, JOP, eds.). Imprensa universitária, UFC, Fortaleza-CE, Brasil, p. 231-240.

Schuster, A, Noy-Meir, I, Heyy, CC, Dafni, A (1993). Pollination-dependent female reproductive success in a self-compatible outcrosser, *Asphodelus aestivus* Brot. *New Phytologist*, 12:165-174.

Shepherd, M, Buchmann, SL, Vaughan, M, Black, SH (2003). Pollinator Conservation Handbook. The Xerces Society, Portland, Oregon. 145p.

Silberbauer-Gottsberger, I, Gottsberger, G (1998). A polinização de plantas do cerrado. *Revista Brasileira de Biologia*, 48: 641-663.

Silveira, FA, Mello, GAR, Almeida, EAB (2002). Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. 2ª Ed, Belo Horizonte: Ed. do autor, p. 253.

Symon, DE (1979). Sex forms in *Solanum* (Solanaceae) and the role of pollen collecting insects. In: The biology and taxonomy of the Solanaceae (Hawkes, JG, Lester, RN, Skelding, AD, eds.). Academic Press, London, p, 385-397.

Tavares, PRA, Alves-Junior, VV, Morais, GA (2014). A Lobeira (*Solanum lycocarpum* A. St. Hil.) como um Significativo Elemento para a Manutenção da Fauna de Abelhas Polinizadoras de Culturas. *Cadernos de Agroecologia*, 9:12.

Vuilleumier, BS (1967). The origin and evolutionary development of heterostyly in the angiosperms. *Evolution*, 21: 210-226.

Wille, A (1963). Behavioral adaptations of bees for pollen collecting from *Cassia* flowers. *Revista de Biologia Tropical*, 11: 205-210.

Wilson, P, Thomson, JD (1996). How do flowers diverge? In: Floral biology: studies on floral evolution in animal-pollinated plants (Lloyd. DG, Barrett, & SCH, eds.). Chapman & Hall, New York, p. 88-111.

Zavattini, J. A. (1992). Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul. *Geografia*, 17: 65-9.

Zimmerman, M (1981). Optimal foraging, plant density and the marginal value theorem. *Oecologia*, 49: 148-153.

Tabela I. Morfometria das estruturas das flores com estiletes curtos e longos em *Solanum lycocarpum*.

	D.C	C. P	C. A	C. F	A. G	C. E	S. A. E
Flor- estilete curto							
Tam. amostra	25	25	25	25	25	25	25
Mínimo	45,2010	7,2200	14,9200	3,2300	3,0300	14,000	12,1600
Máximo	69,3700	12,9500	19,4800	4,5300	7,1400	3,6900	17,0600
Média	58,1640	10,5580	17,1132	3,6472	4,9628	2,2452	14,8736
Desvio padrão	7,0057	1,5742	1,1813	0,3435	0,9446	0,5641	1,3784
Coef. Variação	12,04%	14,91%	6,90%	9,42%	19,03%	25,12%	9,27%
Flor- estilete longo							
Mínimo	50,1200	6,2700	12,4100	2,3500	13,0200	14,3300	1,6100
Máximo	78,2600	14,5500	20,1600	4,4700	26,3400	22,8700	3,9800
Média	64,4236	10,2352	17,1028	3,6160	21,3960	17,7432	2,5676
Desvio padrão	6,8489	1,6080	1,7023	0,5296	2,4706	1,8210	0,5484
Coef. Variação	10,63%	15,71%	9,95%	14,65%	11,55%	10,26%	21,36%

D.C- Diâmetro da corola (mm), C.P- Comprimento do pedúnculo (mm), C.A- Comprimento da antera (mm), C.F- Comprimento do filete (mm), A.G- Altura do gineceu (mm), C.E- Comprimento do estilete (mm), S.A.E - Separação - antera/Estigma

Tabela II. Sucesso de frutificação após uma única visita das espécies de abelhas mais frequentes nas flores de *Solanum lycocarpum*.

Espécies	Nº de frutos	Nº de flores	Nº de frutos	Frutificação (%)
	Formados	Abortadas	Abortados	
<i>E. flava</i>	33	7	2	77,5
<i>C. scopipes</i>	36	4	1	87,5
<i>C. analis</i>	28	12	4	60
<i>O. flavencens</i>	29	11	1	70
<i>E. fulvofasciata</i>	12	28	7	12,5

CAPÍTULO 2

Solanum lycocarpum (Solanaceae) e as abelhas: Uma interação de dependência

Resumo: Objetivou-se avaliar a contribuição das abelhas no sucesso reprodutivo de *Solanum lycocarpum* A. St. Hil.. Para isso, foram realizados testes reprodutivos de autopolinização espontânea e manual, geitonogamia, agamospermia, polinização xenogâmica, anemofilia. Foram calculados os índices de auto-incompatibilidade e de eficiência reprodutiva, e determinou-se a relação flor/fruto pela análise da produção destas estruturas durante um mês, em três indivíduos de *S. lycocarpum*, além do número de sementes por fruto no tratamento de polinização natural. Verificou-se que *S. lycocarpum* é autoincompatível e necessita das abelhas visitantes para realizar a polinização, pois se reproduz apenas por xenogamia. Considerando o total de flores produzidas, a frutificação foi efetiva para 15,1% dos casos em média, mas este valor é de 45,04% quando são consideradas somente as flores com estilete longo, uma vez que não ocorreu frutificação em flores de estilete curto, mostrando a eficiência destas em termos de gasto energético. Os frutos produziram grande quantidade de sementes, permitindo ampla proliferação de *S. lycocarpum* na área estudada.

Palavras-chave: Auto-incompatibilidade, Lobeira, morfo floral, xenogamia.

Abstract: This study aimed to evaluate the contribution of bees in the breeding success of *Solanum lycocarpum* A. St. Hil. . For this, we performed spontaneous and manual self-pollination tests, geitonogamy, agamospermy, xenogamic pollination and anemophilia. The self-incompatibility and reproductive efficiency indexes were calculated, and the flower-fruit ratio was determined by analyzing the production of these structures for one month in three individuals of *S. lycocarpum*, in addition to the number of seeds per fruit in the treatment of Natural pollination. It was verified that *S. lycocarpum* is autoincompatible and requires the bees visitors to carry out the pollination, since it reproduces only by xenogamy. Considering the total number of flowers produced, the fruiting was effective for 15,1% of the cases on average, but this value is 45,04% when only long-styled flowers are considered, since fruiting did not occur in stiletto flowers Short, showing their efficiency in terms of energy expenditure. The fruits produced large quantities of seeds, allowing a large proliferation of *S. lycocarpum* in the studied area.

Key words: Autoincompatibility, Lobeira, floral morph, xenogamy.

Introdução

Solanaceae está incluída entre as maiores famílias de Angiospermas, com aproximadamente 150 gêneros e 3000 espécies, sendo que, no Brasil, registrada-se a ocorrência de 32 gêneros e 350 espécies (SOUZA & LORENZI, 2005). *Solanum* é o gênero com o maior número de espécies conhecidas em Solanaceae e é tradicionalmente reconhecido pela presença de anteras poricidas (SOUZA & LORENZI, 2005). Na biologia floral e reprodutiva de espécies desse gênero, além da deiscência poricida, são caracteres marcantes a polinização por abelhas e a predominância de alogamia (BUCHMANN et al., 1977; SYMON, 1979).

Espécies desse gênero apresentam flores tipicamente hermafroditas, porém podem exibir diversos morfos florais e, conseqüentemente, sexuais que contribuem para evitar ou reduzir o desenvolvimento de frutos endogâmicos, funcionando como mecanismo de autoincompatibilidade (FORNI-MARTINS & MARQUES, 1998). A condição de autoincompatibilidade é uma característica de ancestralidade do gênero *Solanum* e que, em alguns casos, esta condição é secundária (WHALEN & ANDERSON, 1981).

Existem diversos mecanismos de auto-incompatibilidade, como o bloqueio do desenvolvimento dos tubos polínicos e o abortamento de óvulos imediatamente após a fertilização (BERTIN, 1982). Esses mecanismos também promovem maior variabilidade genética, porém podem influenciar negativamente na produção de frutos, pois o transporte dos grãos de pólen pode ser ineficiente e acarretar em seu acúmulo no estigma da própria flor obstruindo sua superfície e diminuindo o espaço para o depósito de pólen compatível (RICHARDS, 1997).

A lobeira, *Solanum lycocarpum*, é uma importante espécie pioneira (MARTINS, 2005), distribuída em toda Região Tropical e Subtropical do Brasil, sendo muito comum no Bioma Cerrado encontrada nas vegetações do tipo Campo Sujo, Cerrado e Cerradão (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2003) e em Campos Abertos em especial nas formações secundárias, entre as quais se destacam as áreas antropizadas (MARTINS, 2005).

Seu fruto é uma baga globosa verde amarelada quando madura, revestida de pilosidade, podendo pesar até 500g (CORRÊA et al., 2000) e quando maduros, caem no chão, facilitando o acesso aos organismos dispersores (RODRIGUES, 2002).

Apresentam grande quantidade de sementes com alta taxa de germinação e rápida emergência (ALMEIDA et al., 1998).

Solanum lycocarpum pode produzir flores e frutos durante todo o ano (OLIVEIRA FILHO & OLIVEIRA, 1988, MOURA, 2007) e um mesmo indivíduo produz flores hermafroditas e flores funcionalmente masculinas (OLIVEIRA FILHO & OLIVEIRA, 1988).

Levando em consideração essa característica das flores buscou-se avaliar a contribuição das abelhas por meio da polinização no sucesso reprodutivo de *S. lycocarpum*.

Material e Métodos

Caracterização da área

O trabalho foi desenvolvido na borda de um fragmento de Floresta Secundária (22° 16' 43" S 53° 48' 47" O), em uma área rural do município de Ivinhema, Sul de Mato Grosso do Sul, Brasil. A área é composta por vegetação resultante dos processos de regeneração, uma vez que a vegetação primária foi retirada para o plantio de eucalipto, sendo que a maioria das árvores apresenta altura em torno de cinco metros. Durante o período de estudo a área estava sendo novamente desmatada para o loteamento em pequenas propriedades rurais.

Sistema reprodutivo da planta

Para a avaliação do sistema reprodutivo de *S. lycocarpum* foram marcados 680 botões florais em pré-antese e ensacados aleatoriamente 40 botões de inflorescências que apresentaram flores de estilete curto (funcionalmente masculinas) e 40 de flores com estilete longo (hermafroditas), para cada tratamento realizado.

Foram realizados os testes reprodutivos de: a) autopolinização espontânea onde os botões foram apenas ensacados com sacos de organza (Figura 1) sem receber tratamentos de polinização; b) autopolinização manual: as flores foram polinizadas com pólen oriundo de suas próprias anteras; c) geitonogamia: transferência do pólen ao

estigma receptivo de flores diferentes, mas do mesmo arbusto; d) agamospermia: emasculação dos botões florais em pré-antese com auxílio de tesoura; e) polinização xenogâmica: realizada a transferência do pólen ao estigma entre flores de arbustos distintos; f) anemofilia processo onde os botões foram protegidos com sacos de tecido do tipo tule (malha de $\pm 1,5\text{mm}$) impedindo o contato das flores por abelhas ou outros organismos visitantes florais; g) polinização natural: botões em pré-antese foram marcados para o acompanhamento do processo de formação de frutos por polinização natural.

Nos tratamentos de geitonogamia e xenogamia foram realizadas polinizações alternadas considerando-se flores com estilete longo como sendo doadoras de pólen em alguns testes, e em outros, como receptoras desses gametas. O mesmo ocorreu em relação as flores com estilete curto, sendo que para cada avaliação utilizou-se 40 flores.

Com exceção do teste de anemofilia, todos os botões utilizados foram isolados em pré-antese com sacos de organza (malha de $0,5 \times 0,5\text{mm}$) (Figura 1) e em função do momento da abertura floral, já que a antese das flores não ocorre ao mesmo tempo permitindo assim padronizar os testes que foram identificados marcando-se os botões florais com fitas de diferentes cores.



Figura 1. Botões florais isolados com saco de organza.

O desenvolvimento foi acompanhado até o início do processo da frutificação, quando este ocorreria, a fim de avaliar a eficiência dos visitantes florais como agentes polinizadores.

Para este estudo foi calculado o índice de autoincompatibilidade (ISI, *sensu* BULLOCK 1985), dividindo-se o percentual de frutificações resultantes de autopolinizações pelo percentual de frutos formados por xenogamia manual. A razão de 0,25 é o limite superior para espécies auto-incompatíveis (OLIVEIRA & GIBBS, 2000).

Para estimar a eficácia das polinizações naturais aplicou-se o índice de eficiência reprodutiva, IER, (OLIVEIRA & GIBBS, 2000). Para isso dividiu-se o percentual de frutificações provenientes de polinização natural pelo percentual de frutificações por xenogamia conforme descrito por Zapata & Arroyo (1978) e modificado por Oliveira & Gibbs (2000) e Freitas & Oliveira (2002).

A produção de flores e frutos por inflorescência foi utilizada para a determinação da razão flor/fruto, o que permitiu analisar o investimento da espécie em termos do custo energético para a reprodução. Para essa análise, três indivíduos de *S. lycocarpum* foram acompanhados diariamente e as flores e frutos produzidos registrados durante o período de um mês. A diferença entre a razão flor/fruto foi verificada por meio do teste T utilizando-se do programa BioEstat 5.0.

Para verificar a eficiência da polinização em condições naturais, estimou-se o número de óvulos fecundados com base no número de sementes produzido por fruto e avaliou-se a porcentagem de germinação, quando 1000 sementes foram retiradas de cinco frutos maduros, e de cada fruto, foram utilizadas 200 sementes, as quais foram lavadas em água corrente para a remoção da polpa e semeadas em bandejas plásticas contendo solo da própria área de estudo como substrato.

Para a estimativa do número total de óvulos fecundados, cinco frutos maduros foram pesados e despolidos para a extração das sementes. Uma amostra de 100 unidades de cada fruto também foi pesada em balança analítica e o resultado utilizado para a estimativa do número total de sementes por fruto.

Resultados e Discussão

Solanum lycocarpum demonstrou ser auto-incompatível, uma vez que não ocorreu o desenvolvimento de frutos a partir dos tratamentos de autopolinização espontânea, emasculação e geitonogamia quando realizadas as polinizações manuais (Tabela 1). O índice de autoincompatibilidade (ISI) foi de 0. De acordo com o critério adotado por Oliveira & Gibbs (2000), *S. lycocarpum* é uma espécie altamente autoincompatível ($ISI < 0,25$). O cálculo do IER apontou uma eficiência reprodutiva de 72,4%. Oliveira Filho & Oliveira (1988) observaram que nas autopolinizações em *S. lycocarpum* os grãos de pólen não germinam nos estigmas ou apenas apresentam um início de germinação que não ultrapassam a região estigmática.

A separação (hercogamia) das estruturas reprodutivas femininas em flores de estilete longo de *S. lycocarpum*, também dificulta e reduz a possibilidade autopolinização e favorece o sistema de polinização cruzada, considerando-se que a reciprocidade na altura das estruturas florais propicia a dispersão direcional de grãos de pólen das anteras de um tipo de flor para os estigmas do outro (STONE, 1995; BARRETT et al., 1998). Dessa forma, a hercogamia recíproca aumentaria a aptidão masculina, promovendo um eficiente fluxo de pólen e reduzindo a sua deposição em um estigma incompatível (BARRETT & SHORE, 2008), embora a polinização anemófila tenha resultado na formação de um único fruto. Este evento pode ter sido acidental em função da queda do pólen por gravidade durante a coleta pelas abelhas visitantes nas flores e inflorescências adjacentes, ou porque o vento é realmente capaz de retirar grãos de pólen das anteras ou transportar pólen residual.

Buchmann (1983) propôs que flores com grãos de pólen pequenos e secos, típico de flores que são polinizadas por mecanismos de vibração podem representar um estágio de transição para anemofilia. Ainda Culley et al. (2002), por meio de análises filogenéticas argumentam que a evolução da anemofilia é mais provável que tenha ocorrido em grupos que apresentam essas características de transição.

Além dessa ocorrência, houve a formação e desenvolvimento de frutos viáveis somente para polinizações cruzadas manuais e em condições naturais de xenogâmia (Tabela 1). Portanto, os resultados indicam que o sucesso reprodutivo em condições naturais da população de *S. lycocarpum* é altamente dependente do forrageio das abelhas, organismos polinizadores, pois os estigmas das flores longestilas necessitam

receber grãos de pólen oriundos de outros indivíduos para que haja a formação de frutos.

As polinizações nas flores brevistilas não resultaram no desenvolvimento de frutos, sugerindo a esterilidade do ovário deste morfo. Resultados semelhantes a estes foram obtidos por Forni-Martins et al. (1998) ao avaliarem a biologia floral e reprodução de *Solanum paniculatum* Linnaeus (1762) reforçando a afirmação de que espécies do gênero *Solanum* dependem de agentes transferidores de pólen para a produção de frutos e sementes.

Tabela 1. Testes de polinização realizados para os dois tipos de flores de *Solanum lycocarpum*. Em cada um dos tratamentos foram utilizadas 40 flores.

Tratamento	Tipos de flor	Nº frutos/nº flores	Sucesso (%)
Autopolinização	L	0-40	0
Espontânea	C	0-40	0
Manual	L	0-40	0
(mesma flor)	C	0-40	0
Geitonogamia	LxL	0-40	0
(mesmo indivíduo)	LxC	0-40	0
	CxC	0-40	0
Agamospermia	L	0-40	0
(emasculação)	C	0-40	0
Xenogamia	LxL	29-40	72,5
(polinização cruzada	CxL	21-40	52,5
manual)	LxC	0-40	0
	CxC	0-40	0
Anemofilia	L	1-40	2,5
	C	0-40	0
Condições naturais	L	19-40	47,5
	C	0-40	0

L - flores de estilete longo ou longestilas (hermafroditas)

C - flores de estilete curto ou brevistilas (funcionalmente masculinas)

Em condições naturais ocorreu a frutificação em 47,5% das flores de estiletes longos. A polinização inadequada, segundo Bawa & Webb (1984) é o principal fator de aborto de flores, frutos e sementes. Assim sendo, o aborto floral (52,5%) pode ser consequência da não fecundação dos óvulos em função da germinação de grãos de pólen oriundos do mesmo indivíduo e também pela ocorrência de herbivoria praticada por larvas e adultos de coleópteros da família Chrysomelidae, ocasionando reduções importantes na taxa de frutificação, pois foram frequentemente observados alimentando-se dos botões florais, cone das anteras e de partes da corola.

Durante as observações do comportamento das abelhas também se verificou a presença da espécie *Chydarteres striatus* (Fabricius, 1787) (Cerambycidae) (Figura 2) danificando os botões florais e flores ou cortando a inflorescência inteira.



Figura 2. *Chydarteres striatus* deslocando sobre o eixo principal de uma inflorescência de *S. lycocarpum*.

As formigas *Ectatomma tuberculatum* (Olivier, 1792) (Figura 3) em algumas ocasiões cortavam o pedúnculo das flores para se alimentarem de seiva.



Figura 3. Formiga *Ectatomma tuberculatum* se alimentando de seiva após cortar uma flor de *S. lycocarpum*.

O baixo número de frutos formados que permaneceram fixos a planta até a maturação completa (0,2%), pode ser explicado em decorrência de que alguns frutos apresentaram em seus ápices fendas (“rachaduras”), durante o processo de maturação favorecendo o ataque de formigas do gênero *Atta* (Figura 4), que coletavam o pericarpo, mesocarpo e sementes e transportavam esse material para seus ninhos. Elas destruíam totalmente os frutos, deixando apenas partes do pericarpo e pedúnculo presos à planta.



Figura 4. Formigas do gênero *Atta* coletando o pericarpo de um fruto de *S. lycocarpum*.

Dessa forma sugere-se que os processos de herbivoria nas flores de *S. lycocarpum* influenciam negativamente na taxa de frutificação e conseqüentemente na quantidade de frutos formados; entretanto a quantidade de sementes produzida, a sua

capacidade de germinação, e a herbivoria praticada pelas formigas transportando essas sementes e perdendo algumas durante esse processo, facilitaria o processo de dispersão da espécie *S. lycocarpum*, favorecendo a colonização ao/restauração da área.

Os frutos produzem grande quantidade de sementes ($\bar{x}=1288,8\pm398,2$), permitindo a *S. lycocarpum* uma ampla capacidade de proliferação (Tabela 2). A taxa de germinação das sementes de frutos produzidos a partir de polinização em condições naturais, foi de 51,5 %. Levando em consideração que cada semente é resultado da fecundação de um óvulo, o transporte de pólen pelas abelhas foi bastante eficiente, resultando em um grande número de sementes produzidas por fruto.

Tabela 2. Massa dos frutos e quantidade de sementes produzidas (estimativa) de sementes e óvulos fecundados.

	Fruto 1	Fruto 2	Fruto 3	Fruto 4	Fruto 5
Massas (gramas)	95,06	60	62	91	90
Nº de sementes/óvulos fecundados	1812	868	996	1729	1039

As flores de estilete curto também foram consumidas por larvas de coleópteros que danificavam suas anteras e estigmas. Sugere-se que há uma redução na habilidade reprodutiva dessas flores, em função da redução de oferta de pólen, uma vez que flores notadamente masculinas eram destruídas por herbivoria. Em algumas ocasiões quando essas flores abriam suas estruturas reprodutoras já se encontravam danificadas. Segundo Krupnick & Weis (1999) e Poveda et al. (2005), a herbivoria floral, não reduz apenas o sucesso de sobrevivência de flores, mas influencia o comportamento dos polinizadores, pois inibe seu padrão de visitação e, conseqüentemente, reduz o fluxo de pólen viável, comprometendo o processo de polinização.

Quanto à razão flor/fruto, o investimento em flores com estiletos curtos foi significativamente maior do que em flores com estiletos longos ($t_{(4)} = 7,56$; $p < 0,0016$). Considerando o total de flores produzidas, a frutificação foi efetiva em 15,1% dos casos em média, mas este valor é de 45,04% quando são consideradas somente as flores com

estilete longo, uma vez que não ocorreu frutificação em flores de estilete curto, mostrando a eficiência em termos de gasto energético. Essa taxa de frutificação pode ser considerada efetiva, confirmando a importância e a eficiência dos polinizadores.

Conclusões

Constatou-se que a frutificação acontece apenas a partir de flores com estilete longo (hermafroditas) e que as flores com estilete curto (masculinas) atraem os visitantes oferecendo o pólen como recurso e viabilizando o aumento quantitativo do gameta masculino, otimizando o processo de polinização.

Solanum lycocarpum demonstrou ser autoincompatível, pois não ocorreu a formação de frutos a partir dos tratamentos de autopolinização espontânea, emasculação e geitomogamia quando realizadas as polinizações manuais.

A formação e o desenvolvimento de frutos viáveis ocorreram somente a partir dos processos de polinizações cruzadas manuais e em condições naturais, indicando que o sucesso reprodutivo em condições naturais da população de *S. lycocarpum* é altamente dependente do forrageio das abelhas. Considerando-se essa observação, sugere-se que organismos dessa espécie não irão conseguir se reproduzir se estiverem isolados.

Os processos de herbivoria podem influenciar negativamente na taxa de frutificação por reduzir a quantidade de frutos formados. Entretanto, a elevada quantidade de sementes produzidas facilitaria o processo de dispersão da espécie *S. lycocarpum*, favorecendo a colonização/restauração da área.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E.; SANO, S. M. & RIBEIRO, J. F. 1998. Cerrado: Espécies vegetais úteis, 1ª Ed, Planaltina: EMBRAPA – CPAC, p. 464.
- BARRETT, S. C. H. & SHORE J. S. 2008. New insights on heterostyly: comparative biology, ecology and genetics, In: Self-Incompatibility in Flowering Plants: Evolution, Diversity, and Mechanisms (FRANKLIN-TONG, V. E., ed.). Springer-Verlag. Berlin, p. 3-32.
- BARRETT, S. C. H.; COLE, W. W. & HARDER, L. D. 1998. Experimental studies on the effects of floral design and display on plant mating, In: Reproductive biology (OWENS S. J. & RUDALL, P.J., eds.). Royal Botanical Gardens, Kew, p.1-13.
- BAWA, K. S. & WEBB, C. J. 1984. Flower, fruit and seed abortion in tropical forest trees: implications for the evolution of paternal and maternal reproductive patterns. *American Journal of Botany*, 71: 736-751.
- BERTIN, R. I. 1982. Paternity and fruit production in trumpet creeper (*Campsis radicans*). *The American Naturalist*, 119: 694-709.
- BUCHMANN, S. L. 1983. Buzz pollination in angiosperms, In: Handbook of experimental pollination biology (JONES, C. E. & LITTER, R. J., eds), Van Nostrand & Reinhold, New York, p. 73-113.
- BUCHMANN, S. L.; JONES, C. E. & COLIN, L. J. 1977. Vibratile pollination of *Solanum douglassii* and *Solanum xanti* (Solanaceae) in Southern California, Wasmann. *Journal of Biology*, 35: 1-25.
- CULLEY, T. M.; WELLER, S. G.; SAKAI, A. K. 2002. The evolution of wind pollination in angiosperms. *Trends in Ecology & Evolution*, 17: 361–369.
- CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D. & RIBEIRO, L. J. 2000. Constituintes químicos da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St, Hil.) durante a maturação. *Ciência e Agrotecnologia*, 24: 130-135.

- FORNI-MARTINS, E. R., MARQUES, M. C. M. & LEMES, M. R. 1998. Biologia floral e reprodução de *Solanum paniculatum* L. (Solanaceae) no estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 21: 117-124.
- FREITAS, C. V. & OLIVEIRA, P. E. 2002. Biologia reprodutiva de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Botânica*, 25: 311-321.
- KRUPINICK, G. A. & WEIS, A. E. 1999. The effect of floral herbivory on male and female success in *Isomeris arborea*. *Ecology*, 80: 135-149.
- MARTINS, K. 2005. Diversidade genética e fluxo gênico via pólen e semente em populações de *Solanum lycocarpum* ST, HIL, (Solanaceae) no sudeste de Goiás, Tese de Doutorado (Entomologia) Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 128p.
- MOURA, T. M. 2007. Estrutura genética populacional em lobeira (*Solanum lycocarpum* A.St. Hil., Solanaceae), em ambientes naturais e antropizados no estado de Goiás. Dissertação de mestrado (Entomologia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 97p.
- OLIVEIRA, P. E. & GIBBS, P. E. 2000. Reproductive biology of wood plants in cerrado community of Central Brazil. *Flora*, 195: 311-329.
- OLIVEIRA FILHO, A. T. & OLIVEIRA, L. C. 1988. A Biologia floral de uma população de *Solanum lycocarpum* St. Hill. (Solanaceae) em Lavras MG. *Revista Brasileira de Botânica*, 11: 23-32.
- OLIVEIRA JUNIOR, E. N.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. & LOPEZ SANTOS, J. Z. 2003. Análise nutricional da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hill.) durante o amadurecimento. *Ciência e Agrotecnologia*, 27: 846-851.
- POVEDA, K.; STEFFAN-DEWENTER, I.; SCHEU, S. & TSCHARNTKE, T. 2005. Effects of decomposers and herbivores on plant performance and aboveground plant-insect interactions. *Oikos*, 108: 503-510.

RICHARDS, A. J. 1997. Plant breeding systems, 2nd Ed. Chapman & Hall, London. 529 p.

RODRIGUES, F. H. G. 2002. Biologia e conservação do lobo-guará na Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Campinas, Campinas, 96p.

SOUZA, V. C. & LORENZI, H. 2005. Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II, Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 640p.

STONE, J. 1995. Pollen donation patterns in a tropical distylous shrub *Psychotria surrensis* (Rubiaceae). American Journal of Botany, 82: 1390-1398.

SYMON, D. E. 1979. Sex forms in *Solanum* (Solanaceae) and the role of pollen collecting insects. In: The biology and taxonomy of the Solanaceae (HAWKES, J. G.; ZAPATA, T. R.; ARROYO, M. T. K. eds). 1978. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. Biotropica, 10: 221-230.

WHALEN, M. D. & ANDERSON, G. J. 1981. Distribution of gametophytic self-incompatibility and infrageneric classification in *Solanum*. Taxon, 30: 761-767.

CAPÍTULO 3

Interações agonísticas entre abelhas visitantes das flores de *Solanum lycocarpum* (Solanaceae)

Resumo: A procura por recursos florais, o elevado gasto energético durante os forrageios e o número limitado de flores pode resultar em diferentes escalas de competição inter e intraespecífica entre as abelhas. Dessa forma esse trabalho teve como objetivo estabelecer as categorias de interações intra e interespecíficas envolvendo espécies de abelhas em forrageios nas flores de *Solanum lycocarpum*. A atividade de forrageio das abelhas foi registrada por 12 dias não necessariamente consecutivos durante o processo de floração plena, entre às 6:h00 e 17:h15min nos primeiros 15 minutos de cada hora, totalizando 132 horas de observação. Foram registrados o número de flores visitadas e as interações agonísticas intra e interespecíficas. Foi desenvolvida análise faunística para definir as classes de abundância, frequência, constância e dominância das espécies. Das 10 espécies de abelhas registradas foram classificadas como constantes *Centris scopipes*; *Augochlora* sp; *Augochloropsis* sp; *Exomalopsis fulvofasciata*; *Bombus* sp; *Oxaea flavescens*. Foram registrados 401 encontros agressivos, contemplando as diferentes interações agonísticas. Essas interações foram observadas apenas entre as espécies *O. flavescens*, *E. fulvofasciata*, *Augochlora* sp e *Augochloropsis* sp. As espécies *O. flavescens* e *E. fulvofasciata* se envolveram com maior frequência em combates dos quais se sagravam vencedoras, exercendo assim domínio em relação a área de forrageio, sendo o ‘confronto na flor’, a ação mais constante, tanto nas interações intra quanto interespecíficas. Acredita-se que a possível redução da disponibilidade de recurso na área, causada pelo desmatamento do fragmento de floresta, pode ter contribuído para a intensificação da competição e conflitos entre as abelhas.

Palavras chave: Competição, recursos florais, sobreposição de nicho, visitantes florais.

Abstract: The demand for floral resources, high energy expenditure during forages and the limited number of flowers may result in different levels of inter- and intraspecific competition among bees. This work aimed to establish the categories of intra and interspecific interactions involving species of bees in forages in the flowers of *Solanum lycocarpum*. The foraging activity of the bees was recorded for 12 days not necessarily consecutive during the full flowering process, between 6: 00h and 17: 15h in the first 15 minutes of each hour, totaling 132 observation hours. The number of flowers visited and the intra and interspecific agonistic interactions were recorded. Faunal analysis was developed to define the classes, abundance, frequency, consistency and dominance of the species. Of the 10 species of bees recorded were classified as constant *Centris scopipes*; *Augochlora* sp; *Augochloropsis* sp; *Exomalopsis fulvofasciata*; *Bombus* sp; *Oxaea flavescens*. 401 aggressive encounters were recorded, contemplating the different agonistic interactions. These interactions were observed only among the species *O. flavescens*, *E. fulvofasciata*, *Augochlora* sp and *Augochloropsis* sp. The species *O. flavescens* and *E. fulvofasciata* were more frequently involved in combats of which they were winning, thus exerting dominance in relation to the foraging area, being the 'flower confrontation', the most constant action, both in the intra and Interspecific. The species *O. flavescens* and *E. fulvofasciata* were more frequently involved in combats of which they were winning, thus exerting dominance in relation to the foraging area, being the 'flower confrontation', the more constant action, both in intra and interspecific interactions. It is believed that the possible reduction of resource availability in the area, caused by deforestation of the forest fragment, may have contributed to the intensification of competition and conflicts among bees.

Key words: Competition, floral resources, niche overlap, floral visitors.

Introdução

Abelhas visitam as plantas para coletarem recursos florais, especialmente néctar e pólen, que podem ser limitados em uma comunidade, ocasionando competição entre elas (Johnson & Hubbell, 1974; Inouye, 1978; Roubik, 1982). O elevado gasto energético na busca por alimento e o número potencialmente limitado de flores podem resultar em diferentes escalas de competição inter e intraespecífica pelos recursos (Antunes, 2003). As competições podem ocorrer tanto indiretamente, na simples exploração do recurso, quanto diretamente, havendo interferência no comportamento ou intensidade de forrageios devido a confrontos durante a exploração (Duijns & Piersma, 2014). Desta forma, quando são abundantes os recursos, as interações competitivas tendem a serem menos intensas, porém, com número limitado de flores e menor disponibilidade de recursos, as interações tendem a ganhar intensidade (Ricklefs, 2003).

A competição interespecífica, devido à sobreposição de nichos, pode apresentar intensas variações, mas a competição durante o forrageio tende a ser mais intensa intraespecificamente, uma vez que indivíduos da mesma espécie partilham recursos semelhantes (Ferreira & Absy, 2015).

A presença de abelhas explorando um recurso floral pode sugerir a rentabilidade desse recurso para outras abelhas (Leadbeater & Chittka, 2005; Kawaguchi et al., 2006). Em resposta à interferência de outros indivíduos inter ou intraespecíficos, as abelhas podem alterar espacialmente os seus padrões de visitação nas flores, em função da distribuição destas na planta (Goulson et al., 2001; Reader et al., 2005; Goulson et al., 2008; Ishii et al., 2008), ou temporalmente, diferindo quanto aos horários de forrageio durante a exploração de um determinado recurso floral (Morse, 1981; Nagamitsu & Inoue, 1997).

Contudo, há pouca compreensão de como os encontros intra e interespecíficos entre as abelhas nas flores podem afetar o comportamento de forrageio subsequente e, por sua vez, moldar a comunidade de forrageiras em um determinado recurso (Rogers et al., 2013). São escassos os relatos da agressividade de abelhas na defesa de recursos na área de forrageio para permitir um maior acesso ao recurso explorado (Johnson & Hubbell, 1975; Nagamitsu & Inoue, 1997; Nieh et al., 2005), ilustrando relações de dominância entre os indivíduos e/ou espécies envolvidas na disputa pela área (Gass, 1979; Ewald & Rohwer, 1980). Há ainda carência de estudos que abordem a

competição por recursos florais entre as abelhas solitárias durante as atividades de forrageios, especialmente em plantas que requerem polinizadores mais específicos, como aquelas com anteras poricidas. Visto que as espécies do gênero *Solanum* apresentam flores com anteras poricidas (Souza & Lorenzi, 2005), o que as tornam dependentes de abelhas especializadas para a polinização de suas flores, esse trabalho teve como objetivo estabelecer os tipos de interações intra e interespecíficas envolvendo espécies de abelhas em forrageios nas flores de *Solanum lycocarpum* buscando responder as seguintes questões: como são as interações entre a guilda de abelhas visitantes de *Solanum lycocarpum*? Essas interações influenciam na atividade de forrageio dessas abelhas?

Material e Métodos

Caracterização da área

O trabalho foi desenvolvido em um fragmento secundário de Floresta Estacional Semidecidual (22°16'43"S 53°48'47"O), em uma área rural do Município de Ivinhema, Estado de Mato Grosso do Sul. A área é composta por vegetação resultante dos processos de regeneração, uma vez que a vegetação primária foi substituída pelo cultivo de eucalipto, mas houve recolonização por espécies nativas após a extração da silvicultura. De acordo com Zavattini (1992), o clima da região se enquadra no tipo subtropical, oscilando de úmido a subúmido.

Delineamento experimental

Foi utilizado o método de amostragem descritos por Polatto & Alves Jr (2008) para estimar a taxa de visitas das abelhas nas flores de *S. lycocarpum*. Este método consiste em registrar a atividade de forrageio das abelhas por 12 dias não necessariamente consecutivos durante o processo de floração plena, entre às 6:h00 e 17:h15min nos primeiros 15 minutos de cada hora, totalizando 132 horas de observação. Os demais 45 minutos de cada hora foram destinados às observações para descrição quantitativa e qualitativa das interações comportamentais entre as abelhas, diferenciando-se as interações intraespecíficas e interespecíficas desenvolvidas por elas durante os forrageios.

Foram registrados o número de flores visitadas e as interações agonísticas intra e interespecíficas. A análise faunística para definir as classes de abundância, frequência, constância e dominância das espécies foi estabelecida de acordo com os métodos aplicados por Silveira Neto et al. (1976), determinando-se um intervalo de confiança (IC) entre 99% e 95% e, a partir deste intervalo estabeleceram-se as seguintes classes de abundância: MA = muito abundante (número de indivíduos maior que o limite superior do IC a 99%); A = abundante (número de indivíduos situado entre os limites superiores do IC a 95% e a 99%); C = comum (número de indivíduos situado dentro do IC a 95%); D = dispersa (número de indivíduos situado entre os limites inferiores do IC a 95% e a 99%) e R = rara (número de indivíduos menor que o limite inferior do IC a 99%).

Ainda de acordo com Silveira Neto et al. (1976), pela frequência de indivíduos de uma espécie em relação ao total coletado, determinou-se o intervalo de confiança (IC) para a média das frequências com 95% de probabilidade, adotando-se a seguinte classificação: MF = muito frequente (frequência maior que limite superior do IC a 95%); F = frequente (frequência situada dentro do IC a 95%) e PF = pouco frequente (frequência menor que o limite inferior do IC a 95%).

Utilizando-se a frequência de observações ao longo do dia de uma determinada espécie, foi calculada a constância (Silveira Neto et al., 1976) da seguinte forma: $C = (\text{n}^\circ \text{ coletas da espécie "X"} / \text{n}^\circ \text{ total de coletas}) \times 100$, classificando-se em: W = constante ($C \geq 50\%$); Y = acessória ($C \geq 25$ e $< 50\%$) e Z = acidental ($C < 25\%$). Por fim, foram consideradas espécies dominantes aquelas cujos valores de frequência excederam o limite calculado pela fórmula: $D = 1 / \text{n}^\circ \text{ total de espécies} \times 100$. O programa BioEstat 5.0 foi utilizado para determinar os intervalos de confiança e calcular os testes de correlação de Pearson (Ayres et al., 2007).

Para verificar a diferença no número de visitas entre os dois períodos de observação (matutino e vespertino) foi aplicado o teste de Mann Whitney também utilizando-se do programa BioEstat 5.0.

Quanto ao comportamento de interação, foi considerada dominante aquela abelha (espécie) que afastou ou levou a outra a se retirar das flores e permaneceu como dominante junto ao recurso explorado.

As diferentes interações agonísticas registradas entre as abelhas em visita às flores de *S. lycocarpum*, foram definidas de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Classificação das diferentes interações agonísticas apresentadas pelas abelhas em visita às flores de *Solanum lycocarpum*.

Comportamento/sigla	Definição
Confronto frontal - Cf	Abelhas se chocam frontalmente em voo
Confronto lateral - Cl	Abelhas se chocam lateralmente em voo
Confronto aéreo - Ca	Abelhas se agarram e voam em giros
Confronto na flor - Cflr	Abelha expulsa outra da flor ao esbarrar contra a oponente
Morder - Md	Abelha morde as asas da oponente para expulsá-la da flor
Perseguição - P	Abelha persegue a oponente (a oponente, neste caso, mantém-se em fuga)
Perseguição em círculos - Pc	Uma abelha voa atrás da outra em círculos
Sentinela - St	Abelha paira sobre a flor por alguns segundos, impedindo o forrageio de outras abelhas
Recuo - Rc	Abelha desvia da flor em que outra abelha esteja forrageando

Foram coletados, filmados ou registrados por fotografias alguns exemplares de cada espécie de abelha observada nas flores de *S. lycocarpum*. Os espécimes coletados foram sacrificados em câmara mortífera contendo acetato de etila e armazenados em frascos de 50 mL. Posteriormente, eles foram identificados com o auxílio de literatura especializada (Silveira et al., 2002; Michener, 2007) ou por comparação com outros espécimes da Coleção de Abelhas do Laboratório de Apicultura (LAP) da Faculdade de Ciências Exatas e Biológicas (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Resultados e Discussão

As espécies de abelhas registradas, em ordem de abundância, que visitaram as flores de *S. lycocarpum* foram: *Oxaea flavescens* Klug, 1807, *Exomalopsis fulvofasciata* Smith, 1879, *Centris scopipes* Friese, 1899, *Augochlora* sp, *Augochloropsis* sp, *Bombus* sp, *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, *Epicharis maculata* Smith, 1874, *Xylocopa frontalis* Oliver, 1789 e *Epicharis flava* Friese, 1900 (Figura 1).

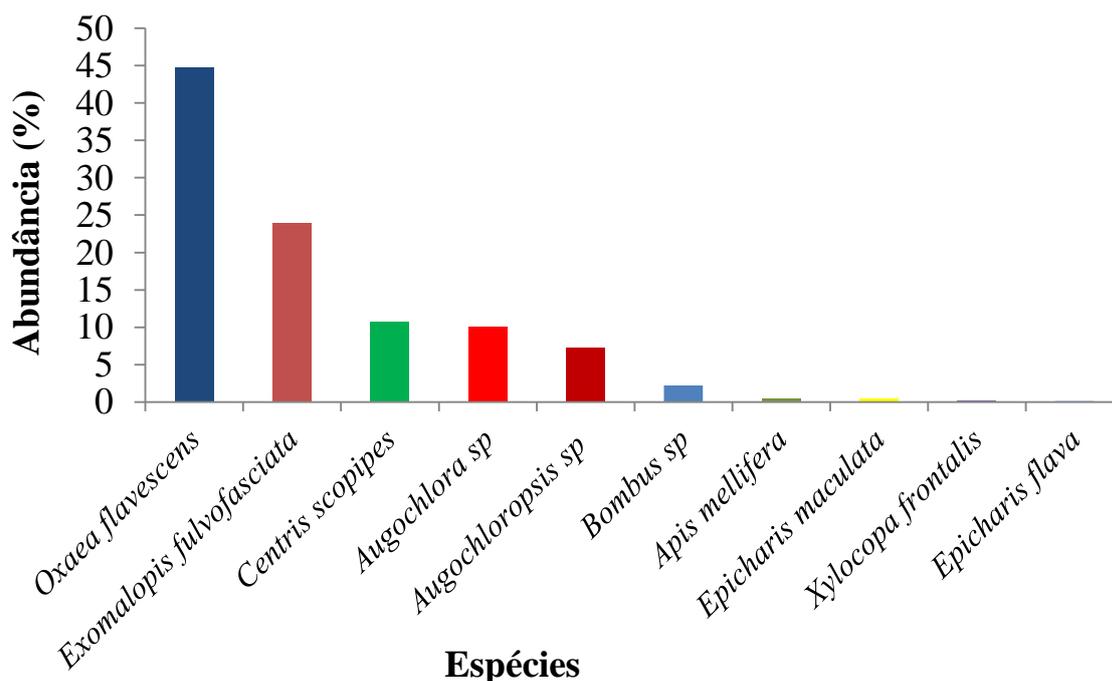


Figura 1. Abundância das espécies de abelhas visitantes das flores de *Solanum lycocarpum*, em fragmento florestal do Município de Ivinhema - MS.

Das 10 espécies de abelhas registradas foram classificadas como constantes *C. scopipes*; *Augochlora sp*; *Augochloropsis sp*; *E. fulvofasciata*; *Bombus sp*; *O. flavescens*. As classificadas como acidentais foram *E. flava*; *E. maculata*; *X. frontalis* e apenas *A. mellifera* como espécie acessória (Tabela 2).

A maioria das abelhas coletadas (60%) foi classificada como não predominantes em razão das poucas visitas às flores, tendo sido, juntas responsáveis por apenas 3,4 % dos espécimes coletados forrageando nas flores de *S. lycocarpum*.

Quatro espécies foram dominantes em visitas às flores, sendo elas respectivamente: *C. scopipes*, *Augochlora sp*, *E. fulvofasciata* e *O. flavescens*, correspondendo 96,6% dos indivíduos amostrados.

Tabela 2. Intensidade de forrageios realizados pelas abelhas nas flores de *Solanum lycocarpum* localizadas em um fragmento florestal secundário na região de Ivinhema (MS) em 2015.

Espécies	Total	%	Abundância	Frequência	Constância	Dominância
Apidae						
<i>A. mellifera</i>		0,5	D	Pf	Y	Nd
<i>E. flava</i>		0,1	R	Pf	Z	Nd
<i>C. scopipes</i>		10,7	Ma	F	W	D
<i>E. maculata</i>		0,3	R	Pf	Z	Nd
<i>Augochlora</i> sp		10,1	Ma	F	W	D
<i>Augochloropsis</i> sp		7,2	Ma	F	W	Nd
<i>E. fulvofasciata</i>		24	Ma	F	W	D
<i>Bombus</i> sp		2,2	C	Pf	W	Nd
<i>X. frontalis</i>		0,2	R	Pf	Z	Nd
Andrenidae						
<i>O. flavescens</i>		44,7	Ma	Mf	W	D

Ma = muito abundante; R= rara; C=comum; Mf = muito frequente; F = frequente; Pf = pouco frequente, W = constante; Y = acessória; Z = acidental, D = dominante; Nd = não dominante.

As visitas às flores de *S. lycocarpum* foram mais intensas e com maior diversidade de espécies no período matutino (Tabela 3; $U=0,2418$; $p =0,0250$). *Centris scopipes* e *O. flavescens* foram as únicas espécies ativas na primeira hora de observação (6h00). *Augochlora* sp e *E. fulvofasciata* iniciaram suas atividades a partir das 7h00, sendo que a maioria das espécies concentraram seus forrageios entre as 7h00 e as 11h00 (Tabela 3). Em flores polinizadas por abelhas, como as de *S. lycocarpum*, há tendência de que a atividade máxima de forrageio se concentre no período da manhã

(Roubik, 1989; Fidalgo & Kleinert, 2007), devido à maior quantidade de recursos estocados nas flores no período referido (Tavares et al., 2015; Silva et al., 2013).

Tabela 3. Abundância das diferentes espécies de abelhas nas fores de *Solanum lycocarpum* em relação às horas do dia.

Espécies de abelhas	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Total
Apidae													
<i>A. mellifera</i>	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	4
<i>E. flava</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>C. scopipes</i>	13	8	11	11	7	1	5	3	10	16	3	3	91
<i>E. maculata</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3
<i>Augochlora</i> sp	0	10	16	25	18	11	3	2	1	0	0	0	86
<i>Augochloropsis</i> sp	0	0	13	15	6	23	1	3	0	0	0	0	61
<i>E. fulvofasciata</i>	0	32	39	47	34	22	10	9	4	7	0	0	204
<i>Bombus</i> sp	0	3	0	0	0	2	1	0	2	0	10	1	19
<i>X. frontalis</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Andrenidae													
<i>O. flavescens</i>	18	72	60	68	47	43	23	17	16	15	2	0	381
Total	31	126	150	157	114	102	43	34	33	39	15	4	852

Foram registrados 401 encontros agressivos, contemplando as diferentes interações agonísticas (Tabela 1) entre algumas espécies de abelhas visitantes das flores de *S. lycocarpum*, principalmente no período da manhã.

As interações agonísticas foram registradas apenas entre as espécies *O. flavescens*, *E. fulvofasciata*, *Augochlora* sp e *Augochloropsis* sp, tendo sido observada grande competição intra e interespecífica entre as espécies visitantes mais frequentes. Com a redução das visitas no período da tarde (Tabelas 3), conseqüentemente registrou-se redução dos encontros que resultaram em comportamento agressivo entre elas.

De forma geral, o ‘confronto na flor’ (Tabela 1) foi o comportamento de agressividade mais desenvolvido pelas abelhas durante as visitas às flores. Entre as espécies *E. fulvofasciata*, *Augochlora* sp, *Augochloropsis* sp, foram observados três tipos de interações, sendo elas: confronto na flor, morder e recuo, que ocorreu apenas no confronto com *O. flavescens* (Tabela 4).

Tabela 4. Relação quantitativa e qualitativa das interações agonísticas registradas entre espécies de abelhas visitantes das flores de *Solanum lycocarpum*, na área rural do Município de Ivinhema - MS.

Espécies de abelhas	<i>C. scopipes</i>	<i>Augochlora</i> sp	<i>Augochloropsis</i> sp	<i>E. fulvofasciata</i>	<i>O. flavescens</i>	
<i>Augochlora</i> sp		Cflr=8 Md=3	Md=1	Cflr=3	Rc=8	
<i>Augochloropsis</i> sp		Cflr= 5 Md=1	Cflr= 11		Rc=4	
<i>E. fulvofasciata</i>		Cflr=18 Md=6	Cflr=32 9=16	Cflr=26 Md=18	Rc=21	
<i>O. flavescens</i>	Cflr=3	Cflr=6	Cflr=11	Cflr= 16	Cf=68	Cflr=28
					Cl=12	P=30
					Ca=13	Pc=15
						Pm=18

Cf = Combate frontal; Cl = Combate lateral; Ca = Confronto aéreo; Cflr = Confronto na flor; P = Perseguição; Pc = Perseguição em círculo; St = Sentinela; Rc = Recuo; Md = Morder

Com exceção da *A. mellifera* que não apresenta o comportamento de vibração das anteras, as demais espécies observadas visitando as flores de *S. lycocarpum* seguem o padrão comportamental geral conhecido para flores com anteras poricidas, descrito por Buchmann (1983). Neste padrão comportamental, as abelhas pousam e agarram o cone de anteras com as pernas medianas e posteriores, curvam o abdome e nessa ocasião, realizam a vibração das anteras para retirada de pólen, como descrito por Tavares et al. (2014) para as flores de *S. lycocarpum*.

Nas poucas visitas às flores de *S. lycocarpum* a *A. mellifera* (Figura 1) coletou apenas pólen residual na corola das flores, não interagindo diretamente com nenhuma outra espécie durante seus forrageios.

Oxaea flavescens foi a espécie que mais se envolveu em encontros agonísticos, prevalecendo as interações entre indivíduos da mesma espécie. As observações comportamentais evidenciam *O. flavescens* como a espécie dominante, optando na maioria das vezes, pelo comportamento de ‘confronto na flor’ na competição interespecífica e confronto frontal, na interação com outras abelhas da mesma espécie. Durante seus forrageios, *O. flavescens* afugentavam as outras abelhas que já se encontravam coletando pólen, exercendo frequentemente o domínio na área de disputa.

Em cada combate frontal, elas se chocavam contra a oponente em média $3,66 \pm 1,86$ vezes.

Oxaea flavescens e *E. fulvofasciata*, quando interagiram com outras espécies obtiveram sucesso em 100% dos conflitos (Tabelas 4 e 5).

Tabela 5. Relação quantitativa de confrontos registrados entre espécies de abelhas visitantes das flores de *Solanum lycocarpum*, considerando a espécie agressora, e a agredida e a respectiva vencedora do conflito, em fragmento florestal do município de Ivinhema - MS.

Espécies agredidas	Espécies vencedoras de conflitos	
	<i>O. flavescens</i>	<i>E. fulvofasciata</i>
<i>C. scopipes</i>	3	-
<i>Augochloropsis</i> sp	11	48
<i>Augochlora</i> sp	6	24

Exomalopsis fulvofasciata ao disputarem as flores, demonstraram ser bastante agressivas e atacavam as outras abelhas coespecíficas voando em sua direção, colidindo contra a oponente e, em muitas ocasiões, expulsavam os outros indivíduos mordendo vigorosamente suas asas. Essas abelhas (*E. fulvofasciata*) evitavam forragear na proximidade de flores onde se encontravam *O. Flavescens*, espécie de abelha de tamanho maior e mais agressiva. Balfour et al. (2015) avaliando a exclusão entre abelhas de grande e médio porte que competem no ambiente, também verificaram que as abelhas de grande porte limitam e interferem na atividade das abelhas menores e concluíram que a competição por exploração exerce forte influência na formação e manutenção da comunidade de abelhas estudada.

Em ambiente naturalmente estável, as interações entre as espécies de abelhas tendem a estar em equilíbrio, ou seja, elas utilizariam os recursos florais de forma equitativa (Wilms et al., 1996).

No entanto, alterações decorrentes da fragmentação e da perda de habitat, podem reduzir a densidade e diversidade vegetacional, reduzindo a quantidade de recursos florais disponíveis para a manutenção das populações de seus visitantes e, conseqüentemente, de polinizadores (Rathcke & Jules, 1993; Murcia, 1996), aumentando a competição entre eles pela reduzida quantidade de recursos disponíveis, tanto para a automanutenção, quanto para o desenvolvimento da prole.

Além das mudanças nas condições ambientais, um aumento da competitividade pode ser esperado após a introdução de novos concorrentes e/ou do aumento da abundância de um concorrente com características de intensa dominância (Steffan-Dewenter & Tschardt, 2000), como registrado para *O. flavescens* nas flores de *S. lycocarpum*.

A intensa competição entre espécies de abelhas forrageando em um mesmo recurso pode resultar em um forrageio mais restrito, no deslocamento ou ainda em agressões, por exemplo, interações agonísticas por interferência (bloqueio físico, comportamento agressivo) e a concorrência exploratória (redução de recursos) ou ambas podem contribuir para explicar por que as abelhas são mais propensas a deixar uma planta depois de encontrar outra abelha na mesma planta (Rogers et al., 2013), esses parâmetros podem explicar o comportamento desenvolvido pelas abelhas observadas neste trabalho.

Abelhas como algumas espécies de *Bombus* spp alteraram sua área de forrageio e a amplitude da dieta na presença de abelhas coespecíficas (Makino & Sakai, 2005; Fontaine et al., 2008). O contato interespecífico entre abelhas também frequentemente resulta em deslocamento de alguma espécie (Pinkus-Rendon, 2005), explicando o fato de algumas espécies serem mais sensíveis à competição por interferência do que outras (Rogers et al., 2013).

Assim, a possível redução da disponibilidade de recurso na área estudada causada pelo desmatamento do fragmento de floresta, teria contribuído com o aumento da competição e conflitos entre as abelhas, pois segundo Johnson & Hubbell (1975), as

abelhas que possuem maior dificuldade em encontrar fontes de alimento, apresentam maior agressividade em relação às outras.

Polinizadores como as abelhas solitárias (Michener, 2007) coletadas neste trabalho, são mais vulneráveis à fragmentação de habitats, pois frequentemente ocorrem em pequenas populações, com distribuição agrupada (Quesada et al. 2004). Da mesma forma, plantas com sistema de polinização especializado, como *S. lycocarpum*, em que as flores são polinizadas por abelhas que conseguem realizar a vibração de suas anteras (poricidas), se tornam as mais vulneráveis por possuírem poucas espécies como polinizadores (Bond, 1994).

Houve uma acentuada sobreposição entre as espécies na exploração das flores de *S. lycocarpum* em relação aos horários de forrageio do pólen (Tabela 3), além da semelhança no comportamento de coleta desenvolvido por elas, o que intensificou a competição interespecífica, não tendo sido constatada a separação das espécies em nichos (habitat, nutrientes, tempo), o que segundo Jones et al. (2001) reduziria a sobreposição no uso dos recursos e a competição, e aumentaria a coexistência entre as diferentes espécies.

Exomalopsis fulvofasciata, por exemplo, a abelha de menor porte corporal entre as registradas, persistia em forragear após sofrerem ataques com maior frequência de *O. flavescens*, retornando rapidamente após serem expulsas das flores. Esse comportamento estaria relacionado com a disponibilidade, quantidade e qualidade do recurso coletado (pólen), com essas variáveis exercendo grande influência na decisão das abelhas em continuar forrageando, mesmo correndo risco de serem agredidas intensamente por espécies maiores.

Trabalhos realizados por Silva et al. (2013), Polatto et al. (2014) e Tavares et al. (2015) relatam que a disponibilidade dos recursos florais tem grande influência na intensidade dos forrageios das abelhas às flores, corroborando com as observações realizadas nas flores de *S. lycocarpum*.

Se a intensa competição pela área de forrageio parece ser desvantajosa para as abelhas em função do desgaste energético e do tempo dispendido, resultando em variadas formas e intensidades de comportamentos agonísticos entre elas, a sobreposição da atividade entre as abelhas, no entanto, pode ser vantajosa para reprodução de *S. lycocarpum*, uma vez que à medida que aumenta a intensidade de

forageios, a quantidade de grãos de pólen aderidos aos estigmas de suas flores também deverá ser aumentada, favorecendo o fluxo polínico entre os indivíduos, resultando na polinização cruzada.

Conclusões

Observou-se intensas interações intra e interespecíficas envolvendo espécies de abelhas em forrageios nas flores de *S. lycocarpum*.

As espécies *O. flavescens* e *E. fulvofasciata* se envolveram com maior frequência em combates dos quais se sagravam vencedoras, exercendo assim domínio em relação a área de forrageio, sendo o ‘confronto na flor’, a ação mais frequente, tanto nas interações intra quanto interespecíficas.

A redução da disponibilidade de recurso na área estudada causada pelo desmatamento do fragmento de floresta pode ter contribuído com o aumento da competição e conflitos entre as abelhas.

Apesar da intensa competição pela área de forrageio parecer ser desvantajosa para as abelhas por acarretar em distintas formas e intensidades de comportamentos agonísticos, ela pode ser vantajosa para reprodução de *S. lycocarpum*, pois o aumento de forrageios contribui para que uma quantidade maior de grãos de pólen seja aderida aos estigmas de suas flores e conseqüentemente aumentando seu sucesso reprodutivo.

Referências Bibliográficas

Antunes, A.Z. 2003. Partilha de néctar de *Eucalyptus* spp. territorialidade e hierarquia de dominância em beija-flores (Aves: Trochilidae) no sudeste do Brasil. Ararajuba, 11: 39-44.

Ayres, M.; Ayres, JR. M.; Ayres, D. L. & Santos, A. A. S. 2007. BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, MCT-CNPq. p. 364.

Balfour, N.J.; Gandy, S. & Ratnieks, F.L.W. 2015. Exploitative competition alters bee foraging and flower choice. Behavioral Ecology and Sociobiology, 69: 1731-1738

Bond, W.J. 1994. Do mutualisms matter? Assessing the impact of pollinator and disperser disruption on plant extinction. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences, London, 344: 83-90

Buchmann, S.L. 1983. Buzz pollination in angiosperms, In: Handbook of experimental pollination biology (Jones, C. E. & Litter, R. J., eds), Van Nostrand & Reinhold, New York, p. 73-113.

Duijns, S. & Piersma, T. 2014. Interference competition in a sexually dimorphic shorebird: prey behaviour explains intraspecific competition. Animal Behaviour, 92: 195-201.

Ewald P. W, & Rohwer, S. 1980. Age, colouration and dominance in nonbreeding hummingbirds: a test of the asymmetry hypothesis. Behavioral Ecology and Sociobiology, 7: 273-9.

Ferreira, M.G. & Absy, M. L. 2015. Pollen niche and trophic interactions between colonies of *Melipona (Michmelia) seminigra merrillae* and *Melipona (Melikerria) interrupta* (Apidae: Meliponini) reared in floodplains in the Central Amazon. Arthropod-Plant Interactions, 9: 263-279.

Fidalgo, A.O. & A.M.P. & Kleinert, 2007. Foraging behavior of *Melipona rufiventris Lepeletier* (Apinae, Meliponini) in Ubatuba/SP, Brazil. Brazilian Journal of Biology, 67: 137-144.

- Fontaine, C., Collin, C.L. & Dajoz, I. 2008. Generalist foraging of pollinators: diet expansion at high density. *Journal of Ecology*, 96: 1002-1010.
- Gass, C. L. 1979. Territory regulation, tenure, and migration in rufous hummingbirds. *Canadian Journal of Zoology*, 56: 914-23.
- Goulson, D.; Lye, G.C. & Darvill, B. 2008. Diet breadth, coexistence and rarity in bumblebees. *Biodiversity and Conservation*, 17: 3269-3288.
- Goulson, G.; Chapman, J.W. & Hughes, W.H.O. 2001. Discrimination of unrewarding flowers by bees; direct detection of rewards and use of repellent scent marks. *Journal of Insect Behavior*, 14: 669-678.
- Inouye, D. 1978. Resource partitioning in bumblebees: Experimental studies of foraging behavior. *Ecology*, 4: 672-678.
- Ishii, H.S.; Kadoya, T.; Kikuchi, R.; Suda, S.I. & Washitani, I. 2008. Habitat and flower resource partitioning by an exotic and three native bumble bees in central Hokkaido, Japan. *Biological Conservation*, 141: 2597-2607.
- Johnson, L.K. & Hubbell, S. P. 1974. Aggression and competition among stingless bees: Field studies. *Ecology*, 55: 120-127.
- Johnson, L.K. & Hubbell, S.P. 1975. Contrasting foraging strategies and coexistence of two bee species on a single resource. *Ecology*, 56: 1398-1406.
- Jones, M.; Mandelik, Y. & Dayan, T. 2001. Coexistence of temporally partitioned spiny mice: roles of habitat structure and foraging behavior. *Ecology*, 82: 2164-2176.
- Kawaguchi, L.G., Ohashi, K. & Toquenaga, Y. 2006. Do bumble bees save time when choosing novel flowers by following conspecifics? *Functional Ecology*, 20: 239-244.
- Leadbeater, E., & Chittka, L. 2005. A new mode of information transfer in foraging bumblebees? *Current Biology*, 15:12.
- Makino, T.T. & Sakai, S. 2005. Does interaction between bumblebees (*Bombus ignitus*) reduce their foraging area?: bee removal experiments in a net cage. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 57: 617-622.

Michener, C.D., 2007. The bees of the world. 2nd ed. Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 953p.

Morse, D.H. 1981. Interactions among syrphid flies and bumblebees on flowers. *Ecology*, 62: 81-88.

Murcia, C. 1996. Forest fragmentation and the pollination of neotropical plants. In: *Forest Patches in tropical landscapes* (Schelhas, J. & Greenberg, R., eds), Washington, D.C. - Island Press, p.19-37.

Nagamitsu, T. & Inoue, T. 1997. Aggressive foraging of social bees as a mechanism of floral resource partitioning in an Asian tropical rainforest. *Oecologia*, 110: 432-439.

Nieh, J.C.; Kruizinga, K.; Barreto, L.S.; Contrera, F.A.L. & Imperatriz-Fonseca, V.L. 2005. Effect of group size on the aggression strategy of an extirpating stingless bee, *Trigona spinipes*. *Insectes Sociaux*, 52: 147-154.

Pinkus-Rendon, M., Parra-Tabla, V. & Melendez-Ramirez, V. 2005. Floral resource use and interactions between *Apis mellifera* and native bees in cucurbit crops in Yucatan, Mexico. *The Canadian Entomologist*, 137: 441-449.

Polatto, L.P. & V.V. Alves Jr. 2008. Utilização dos recursos florais pelos visitantes em *Sparattosperma leucanthum* (Vell.) K. Schum. (Bignoniaceae), *Neotropical Entomology*, 37: 389-398

Polatto, L.P.; Chaud-Netto J. & Alves-Junior, V.V. (2014). Influence of abiotic factors and floral resource availability on daily foraging activity of bees. *Journal of Insect Behavior*, 27: 593-612.

Quesada, M.; Stoner, K.E.; Lobo, J.A.; Herrerías-Diego, Y.; Palácios-Guevara, C., Munguia-Rosas, M.A., Salazar, K.A.O. & Rosas-Guerrero, V. 2004. Effects of forest fragmentation on pollinator activity and consequences for plant reproductive success and mating patterns in bat-pollinated bombacaceous trees. *Biotropica*, 36: 131-138.

- Rathcke, B. J. & Jules, E. S. 1993. Habitat fragmentation and plant-pollinator interactions. *Current Science*, 65: 273-277.
- Reader, T.; MacLeod, I.; Elliott, P.T.; Robinson, O.J. & Manica, A. 2005. Inter-order interactions between flower visiting insects: foraging bees avoid flowers previously visited by hoverflies. *Journal of Insect Behavior*, 18: 51-57.
- Ricklefs R. E. 2003. *A economia da natureza*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 542p.
- Rogers, S. R.; Cajamarca, P.; David, R. & Tarpy, H. J. B. 2013. honey bees and bumble bees respond differently to inter- and intra-specific encounters. *Apidologie*, 44: 621-629.
- Roubik, D. W. 1989. *Ecology and natural history of tropical bees*, New York: Cambridge University Press, 514p.
- Roubik, D.W. 1982. Ecological impact of Africanized honeybees on native neotropical pollinators. *In: Social insects in the Tropics* (Jaisson, P. ed.), Univ. Paris Nord. p. 233-247.
- Silva, K.N., J.C.S. Dutra, M. & Polatto L.P., 2013. Influência dos Fatores Ambientais e da Quantidade de Néctar na Atividade de Forrageio de Abelhas em Flores de *Adenocalymma bracteatum* (Cham.) DC. (Bignoniaceae). *EntomoBrasilis*, 6: 193-201.
- Silveira Neto, S.; Nakano, O.; Barbin, D. & Villa Nova, N. A. 1976. *Manual de ecologia dos insetos*. São Paulo: Agronômica Ceres, 419 p.
- Silveira, F.A., Mello, G.A.R. & Almeida, E.A.B. 2002. *Abelhas brasileiras: sistemática e identificação*. Belo Horizonte, Ed. do autor, 253p.
- Souza, V.C. & Lorenzi, H. 2005. *Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II*, Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 640p.
- Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. 2000. Resource overlap and possible competition between honey bees and wild bees in central Europe. *Oecologia*, 122: 288-296.

Tavares P.R.A., Alves Junior, V.V. & Morais, G. A. 2014. A Lobeira (*Solanum lycocarpum* A. St. Hil.) como um Significativo Elemento para a Manutenção da Fauna de Abelhas Polinizadoras de Culturas. *Cadernos de Agroecologia*, 9: 12.

Tavares, P.R.A., Dutra J.C.S., Polatto L.P., Alves-Junior V.V., Silva, E. S., Souza, E.P. & Ponço J.V. 2015. Estratégia Reprodutiva de *Cucurbita moschata* Poir (Cucurbitaceae) e Atividades de Forrageio dos seus Visitantes Florais. *EntomoBrasilis*, 8: 24-29.

Wilms, W., Impertariz-Fonseca, V.L. & Engels, W. 1996. Resource partitioning between highly, eusocial bees and possible impact of introduced africanized honey bee on native stingless bee in the Brazilian Atlantic rainforest. *Studies Neotropical Fauna and Environment*, 31: 137-151.

Zavattini, J. A. 1992. Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul. *Geografia, Rio Claro*, 17: 65-91.

CAPÍTULO 4

Influência dos fatores ambientais na atividade de forrageio das abelhas em área de Floresta Semi Decidual

Resumo: Cada espécie de abelha pode responder diferentemente às condições climáticas para a realização do voo de forrageio. Buscou-se verificar a influência dos fatores abióticos na atividade de voo das abelhas visitantes das flores de *Solanum lycocarpum* em área de Floresta Secundária Estacional Semidecidual, em Mato Grosso do Sul. As abelhas foram coletadas em um número variável de flores, durante o processo de floração plena, quando também foram aferidos os seguintes parâmetros: temperatura, umidade relativa do ar, luminosidade e velocidade do vento. A temperatura média durante o período de avaliação foi de $30,1 \pm 3,3^{\circ}\text{C}$, a umidade relativa do ar de $49,6 \pm 13,4\%$, luminosidade de $12,9 \pm 3,1$ Klux e velocidade do vento de $0,8 \pm 0,4$ m/s. Foram registradas 12 espécies de abelhas visitando as flores de *S. lycocarpum*, sendo que *Epicharis flava*, *Centris scopipes*, *Oxaea flavescens* foram consideradas predominantes. A maioria dos forrageios das abelhas não foi influenciada significativamente pelos fatores ambientais avaliados. Portanto, sugere-se que a redução na frequência dos forrageios estaria relacionada também a redução da oferta de pólen nas flores de *S. lycocarpum*, em função da intensidade das atividades na sua busca, desenvolvidos pelas abelhas.

Palavras-chaves: Fatores abióticos, Lobeira, polinizadores, termorregulação, visitantes florais.

Abstract: Each species of bee can respond differently to climate conditions considering foraging flight. The aim of this study was to verify the influence of abiotic factors on flight activity of visitor bees of *Solanum lycocarpum* flowers in a Secondary Semi-deciduous Forest area, in Mato Grosso do Sul. The bees were collected in a variable number of flowers, during the process of full bloom, when were also measured the following parameters: temperature, relative humidity, and wind speed. The average temperature during the evaluation period was $30,1\pm 3,3^{\circ}\text{C}$, relative humidity of $49,6\pm 13,4\%$, luminosity of $12,9\pm 3,1$ Klux and Wind speed of $0,8\pm 0,4$ m/s. 12 bee species were recorded visiting *S. lycocarpum* flowers, and *Epicharis flava*, *Centris scopipes*, *Oxaea flavescens* were considered predominant. Most foraging activities of bees were not significantly affected by the environmental factors evaluated. Therefore, it is suggested that the reduction in the foraging frequency might also be related to pollen reduction in *S. lycocarpum* flowers, due to the intensity of activities developed by the bees.

Keywords: Abiotic factors, Lobeira, pollinators, thermoregulation, floral visitors.

Introdução

A atividade de voo das abelhas sofre influência dos fatores abióticos, como a temperatura, umidade relativa do ar, luminosidade, precipitação e velocidade do vento (Hilário *et al.*, 2000; Hilário 2001; Kasper *et al.*, 2008), que são fatores que interferem no gasto energético para a regulação da temperatura corpórea (Carvalho-Zilse *et al.*, 2007). Assim, baixas temperaturas, baixa insolação e a elevada velocidade do vento, podem interferir negativamente na dinâmica de voo das abelhas (Burril e Dietz 1981, Morato e Campos 2000), principalmente das abelhas solitárias que, de acordo com Eickwort e Ginsenberg (1980) e Morato e Campos (2000), apresentam, baixa capacidade termorregulatória.

As atividades de forrageio das espécies sociais de Apidae e Vespidae são influenciadas pela oscilação na temperatura, intensidade luminosa e umidade relativa do ar (Corbet *et al.*, 1993; Hilário *et al.*, 2000; Vicens e Bosch, 2000; Kasper *et al.*, 2008). Elas iniciam, aumentam ou diminuem o ritmo de seus forrageios, principalmente sob a influência da temperatura (Roubik, 1989), uma vez que não conseguem voar se a temperatura estiver muito baixa e se desidratam rapidamente em temperaturas mais elevadas ou sob baixas condições de umidade relativa (Kasper *et al.*, 2008).

Considerando que cada espécie de abelha responde comportamentalmente de maneira diferente a condições climáticas específicas, uma vez que tais variações estabelecem os limites para a realização do voo de forrageio das abelhas (Corbet *et al.*, 1993), o objetivo do trabalho foi avaliar a influência dos fatores abióticos na atividade de voo das abelhas visitantes das flores de *Solanum lycocarpum* A. St. Hil.

Material e Métodos

Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido em fragmento de Floresta Secundária Estacional Semidecidual, na área rural do Município de Ivinhema, Mato Grosso do Sul - Brasil (22°16'43"S 53°48'47"O). O fragmento é composto por vegetação resultante dos processos de regeneração, uma vez que a vegetação primária foi retirada para o plantio de eucalipto e com a retirada destes, as espécies nativas recolonizaram a área. Nesse fragmento encontram-se manchas com fitofisionomia de Cerradão e de Mata Atlântica.

O clima da região é do tipo subtropical, oscilando de úmido a subúmido (Zavattini, 1992).

Abelhas como visitantes florais

As coletas das abelhas visitantes florais aconteceram em um número variável de flores pertencentes a 15 indivíduos de *S. lycocarpum*, durante 10 dias não necessariamente consecutivos, de janeiro a fevereiro de 2013, com rede entomológica, durante o processo de floração plena, diretamente nas flores, entre as 6h00 e 18h15min, nos primeiros 15 minutos de cada hora, quando também foram aferidos os seguintes fatores abióticos: temperatura, umidade relativa do ar, luminosidade e velocidade do vento.

O material coletado foi triado e identificado conforme Silveira *et al.* (2002). Os espécimes estão depositados na “Coleção de Abelhas” do Laboratório de Apicultura (LAP) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA), e posteriormente serão encaminhadas ao Museu da Biodiversidade (MuBio) da FCBA na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

A análise faunística para definir as classes de abundância, frequência, constância e dominância das espécies foi estabelecida de acordo com Silveira Neto *et al.* (1976), como segue:

Determinando-se o intervalo de confiança (IC) a 99% e 95% de probabilidade, foram estabelecidas as seguintes classes de abundância: ma = muito abundante (número de indivíduos maior que o limite superior do IC a 99%); a = abundante (número de indivíduos situado entre os limites superiores do IC a 95% e a 99%); c = comum (número de indivíduos situado dentro do IC a 95%); d = dispersa (número de indivíduos situado entre os limites inferiores do IC a 95% e a 99%) e r = rara (número de indivíduos menor que o limite inferior do IC a 99%).

Determinou-se o intervalo de confiança (IC) para a média das frequências com 95% de probabilidade, adotando-se a seguinte classificação: mf = muito frequente (frequência maior que o limite superior do IC a 95%); f = frequente (frequência situada dentro do IC a 95%) e pf = pouco frequente (frequência menor que o limite inferior do IC a 95%), considerando-se frequência de indivíduos de uma espécie com relação ao total coletado.

Tomando por base a frequência de observações/dia de uma determinada espécie, foi calculada a constância (Silveira Neto *et al.*, 1976), onde: $C = (\text{n}^\circ \text{ de dias em que a espécie X foi coletada} / \text{n}^\circ \text{ de dias de coletas}) \times 100$, classificando-se em: $w = \text{constante}$ ($C \geq 50\%$); $y = \text{acessória}$ ($C \geq 25$ e $< 50\%$) e $z = \text{acidental}$ ($C < 25\%$). Foram consideradas espécies dominantes aquelas cujos valores de frequência excederam o limite calculado pela fórmula: $D = 1 / \text{n}^\circ \text{ total de espécies} \times 100$. Foram consideradas espécies predominantes, aquelas que se destacaram por obter os maiores índices faunísticos, de frequência e dominância (Silveira Neto *et al.*, 1976).

Para verificar se as atividades de forrageio das abelhas predominantes estavam correlacionadas com os fatores abióticos, foi aplicado o teste de correlação de Pearson (r) com nível de significância de 5%, entretanto ele não foi utilizado para espécies que apresentaram baixo número de indivíduos em forrageio (≤ 15 indivíduos coletados) durante os dias de amostragem, uma vez que de acordo com Lira (2004), essas características podem afetar a intensidade do coeficiente de correlação, inviabilizando a predição do teste.

As análises estatísticas foram desenvolvidas com o auxílio do programa BioEstat 5.0 (Ayres *et al.*, 2007).

Resultados e Discussão

Foram registradas 12 espécies de abelhas (Figura 1 e Tabela 1) visitando as flores de *S. lycocarpum*, sendo classificadas como constantes *Epicharis flava* Friese 1900 e *Centris scopipes* Friese 1899, presentes em todos os dias de coleta (100%), seguidas de *Oxaea flavescens* Klug 1807, *Exomalopsis fulvofasciata* Smith 1879, em 80% das amostras e *C. analis* Smith 1879, em 70%. Foi registrada apenas uma espécie acessória e seis acidentais (Tabela 2).

Foram observadas apenas as abelhas visitantes das flores de *S. lycocarpum*, sendo que a maioria das espécies amostradas (75%) foi classificada como não predominante em razão baixo índice de visitas, representando 14,3% dos espécimes coletados forrageando nas flores de *S. lycocarpum*.

Três espécies foram consideradas predominantes em visitas às flores, sendo elas: *E. flava*, *C. scopipes*, *O. flavescens* (Tabela 2), correspondendo a 85,7% dos indivíduos amostrados. Apesar de *E. flava* e *C. scopipes* visitarem um número maior de flores durante os seus forrageios, ambas contribuíram com a polinização cruzada, pois visitavam flores de indivíduos adjacentes, favorecendo a ocorrência da polinização xenogâmica natural.

A temperatura média durante o período de avaliação foi de $30,1 \pm 3,3^\circ\text{C}$, a umidade relativa do ar de $49,6 \pm 13,4\%$, luminosidade de $12,9 \pm 3,1$ Klux e velocidade do vento de $0,8 \pm 0,4$ m/s, sendo que em todos os dias a variável velocidade do vento apresentou valores maiores após as 14h00.

Apis mellifera Linnaeus, 1758, *Epicharis maculata* Smith, 1874, *Eufriesea nigrescens* Friese, 1923, *Epicharis* sp, *Tetrapedia diversipes* Klug, 1810, *Xylocopa frontalis* Oliver, 1789, e *Oxaea austera* Gertacker 1867 foram as espécies menos abundantes, representadas por menos do que 15 indivíduos amostrados, enquanto que *E. flava*, *C. scopipes*, *O. flavescens*, *E. fulvofasciata* e *C. analis* foram as mais abundantes.

Apis mellifera visitou as flores somente no intervalo entre 9h00 e 10h00 (Tabela 1), com temperatura de $27,4^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de 51%, velocidade do vento a 1,1 m/s e luminosidade de 11,5 Klux. Uma das visitas de *E. maculata* também ocorreu neste horário, enquanto que outra visita ocorreu entre 15h00 e 16h00, com temperatura de $30,1^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de 52%, velocidade do vento de 0,1 m/s e luminosidades de 10,9 Klux.

Eufriesea nigrescens também visitou as flores apenas, no intervalo entre 7h00 e 8h00 (Tabela 1), com temperatura de $25,5^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de 82%, velocidade do vento a 0,0 m/s e luminosidade de 8,5 Klux.

Epicharis sp foi registrada no período entre as 8h00 e 12h00 (Tabela 1), com temperatura variando entre $24,0^\circ\text{C}$ e $33,8^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar entre 46% e 51%, velocidade do vento 0,5 m/s e 0,6 m/s e com luminosidade entre 10,9 Klux e 16,4 Klux.

A visita de *T. diversipes* ocorreu apenas entre as 8h00 e 9h00 (Tabela 1), com temperatura de $29,0^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de 82%, velocidade do vento a 0,8 m/s e luminosidade de 14,6 Klux.

Xylocopa frontalis foi registrada em apenas um dia, forrageando no período entre às 6h00 e 7h00 (Tabela 1), com temperatura de 25,5 °C, umidade relativa do ar de 66%, velocidade do vento a 0,0 m/s e luminosidade de 14,8 Klux.

Oxaea austera forrageou as flores entre 12h00 e 13h00 horas e no intervalo entre 16h00 e 17h00 (Tabela 1), com temperatura de 29,0 °C e 33,8 °C, umidades= relativa do ar de 50% e 46%, velocidade do vento 0,3 e 0,6 m/s e luminosidade de 14,9 e 16,4 Klux, respectivamente.

O forrageio de *E. flava* iniciou-se a partir das 6h00 e se manteve frequente durante o período da manhã, mas diminuiu consideravelmente de intensidade a partir das 13h00 (Tabela 1). Essa foi a espécie mais abundante e o início de suas atividades nesse período, sugere uma estratégia comportamental de busca de recursos quando este é encontrado com maior abundância.

Os movimentos vibráteis que essas abelhas realizaram no cone das anteras durante seus primeiros forrageios podem também contribuir para seu aquecimento corporal. A temperatura da superfície do tórax dos insetos é maior do que em outras partes do corpo, por essa região apresentar os músculos de voo, responsáveis pelo aquecimento corporal interno (Harrison, 1987; Roberts e Harrison, 1999).

O forrageio de *E. flava* não correlacionou-se significativamente com aos fatores abióticos avaliados (Tabela 3), embora tenha ocorrido redução significativa do número de indivíduos coletados no decorrer do dia ($r = -0,3668$; $p = <0,0001$). É sugerido que seu comportamento esteja relacionado à redução da disponibilidade de recurso ao longo do dia (Tavares *et al.*, 2015) ou a uma combinação de fatores abióticos e bióticos (Polatto *et al.*, 2014).

Para *C. scopipes*, a atividade forrageadora iniciou-se as 7h00 e prosseguiu até as 16h00 (Tabela 1), apresentando correlações significativas positivas com a luminosidade e temperatura e negativa com a umidade relativa (Tabela 3). *Centris scopipes* intensificou seus forrageios a partir das 8h00 (Tabela 1), havendo sobreposição de suas visitas com *E. flava*, influenciando negativamente nas atividades da primeira espécie, em função do maior número de indivíduos de *E. flava* forrageando nos mesmos horários, competindo pelo mesmo recurso.

Registrou-se um maior número de indivíduos de *C. scopipes* forrageando entre as 12h00 e as 13h00 (Tabela 1), quando a média da temperatura era de $32,1 \pm 0,1^\circ\text{C}$, a

umidade relativa do ar de $41,4 \pm 5,7\%$, a velocidade do vento estava a $0,1 \pm 0,7$ m/s e a luminosidade em $15,9 \pm 2,3$ Klux.

Epicharis flava e *C. scopipes* foram as únicas espécies que continuaram mais frequentes após as 12h00 (Tabela 1), sugerindo que essas abelhas conseguem explorar anteras com pouca quantidade de grãos de pólen. Esse padrão de forrageio é um fator relevante para a espécie vegetal estudada, pois mantendo atividades até horários mais avançados, essas abelhas podem polinizar as flores que ainda se encontrariam com estigmas receptivos neste período.

Oxaea flavencens concentrou suas atividades no período da manhã e apenas um indivíduo foi amostrado após as 12h00 (Tabela 1).

Centris analis também iniciou suas atividades entre às 6h00 e 7h00 e não esteve presente entre 7h00 e 8h00, entre 10h00 e 11h00 e a partir das 17h00 (Tabela 1). A maior frequência foi registrada entre 9h00 e 10h00, com temperatura média de $28,5 \pm 1,2^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de $54,8 \pm 11,1\%$, velocidade do vento a $0,9 \pm 0,7$ m/s e luminosidade de $13,7 \pm 2,6$ Klux.

Exomalopsis fulvofasciata apresentou pico de forrageio entre as 12h00 e 13h00 (Tabela 1). Esta abelha possui um tamanho corporal menor quando comparada com as demais abelhas visitantes de *S. lycocarpum*. Levando em consideração essa característica, manter forrageios em horários com temperatura e intensidade luminosa mais elevadas seria indispensável para esses organismos, como observado por Heinrich e Raven, (1972), Heinrich (1974) e Antonini *et al.*, (2005). Estes autores relatam que as abelhas menores cessam ou reduzem suas atividades em temperaturas mais baixas. No entanto, essa espécie iniciou suas atividades nas primeiras horas de avaliação, sugerindo também estratégia de busca de recursos, quando estes seriam mais abundantes.

Semelhante à *E. flava*, a atividade de forrageio de *O. flavencens*, *C. analis* e *E. fulvofasciata* não foi influenciada significativamente pelos fatores ambientais avaliados (Tabela 3).

Tavares *et al* (2015) também relataram a influência não significativa dos fatores abióticos no forrageio das abelhas em flores de *Cucurbita moschata* Poir e relacionaram este fato às condições ambientais favoráveis desde o início do dia, no período da avaliação (verão). Isto também pode explicar os resultados das correlações deste estudo,

especialmente considerando que a maioria das abelhas visitantes coletadas nas flores de *S. lycocarpum* apresentam tamanho corporal grande.

Estudos relatam que abelhas grandes podem forragear com alguma independência da temperatura ambiental (Heinrich & Heinrich, 1983) e, dessa forma, conseguem coletar recursos mais abundantes nas horas iniciais do dia, mesmo sob temperaturas mais amenas (Heinrich e Raven, 1972). A fisiologia de cada espécie e a capacidade de controlar sua temperatura corporal pode ser o principal fator regulador de seus forrageios (Hilário *et al.*, 2001).

Portanto, pode-se inferir que a redução na frequência dos forrageios após as 12h00 estaria relacionada à escassez de pólen devido a maior intensidade de forrageios no período da manhã e uma vez que o esse recurso não é repostado, as flores já não teriam recursos suficientes para compensar o investimento energético das abelhas em forrageios subsequentes, tornando a relação custo/benefício desvantajosa para elas.

Referências Bibliográficas

- Antonini, Y, Souza, HG, Jacobi, C. M, Mury, FB (2005). Diversidade e comportamento dos insetos visitantes florais de *Stachytarpheta glabra* Cham. (Verbenaceae), em uma área de campo ferruginoso, Ouro Preto, MG. *Neotropical Entomology*, 34: 555-564.
- Ayres, M, Ayres, JRM, Ayres, DL, Santos, AAS (2007). BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, MCT-CNPq, 364 p.
- Burril, M, A, Dietz, A (1981). The response of honeybees to variation in solar radiation and temperature. *Apidologie* 12: 319-328.
- Carvalho-Zilse, G, Porto, EL, Silva, CGN, Pinto, M FC (2007). Atividades de vôo de operárias de *Melipona seminigra* (Hymenoptera: Apidae) em um sistema agroflorestal da Amazônia. *Bioscience Journal* 23: 94-99.
- Corbet, SA, FüsseL, M, Ake, R, Fraser, A, Gunson, C, Savage, A, Smith, K. (1993). Temperature and pollination activity of social bees. *Ecological Entomology*, 18:17-30.
- Eickwort, GC, Ginsberg, HS (1980). Foraging and mating behavior in Apoidea. *Annual Review of Entomology*, 25: 421-446.
- Harrison, JM (1987). Roles of individual honeybee workers and drones in colonial thermogenesis. *The Journal of Experimental Biology*, 129: 53-61.
- Heinrich, B, Heinrich, MJE (1983). Size and caste in temperature regulation by bumblebees. *Physiological Zoology*, 56: 552-562.
- Heinrich, B, Raven, PH (1972). Energetics and pollination ecology. *Science*, 176: 597-602.
- Henrich, B (1974). Thermoregulation in endothermic insects. *Science*, 185: 747-756.
- Hilário, SD, Imperatriz-Fonseca, VL, Kleinert, AMP (2001). Responses to climatic factors by foragers of *Plebeia pugnax* Moure (in litt.) (Apidae, Meliponinae). *Revista Brasileira de Biologia*, 61: 191-196.

Hilário, SD, Imperatriz-Fonseca, VL, Kleinert, AMP (2000). Flight activity and colony strength in the stingless bee *Melipona bicolor bicolor* (Apidae, Meliponinae). *Revista Brasileira de Biologia*, 60: 299-306.

Kasper, ML, Reeson, AF, Mackay, DA, Austin, AD (2008). Environmental factors influencing daily foraging activity of *Vespula germanica* (Hymenoptera, Vespidae) in Mediterranean Australia. *Insectes Sociaux*, 55: 288-295.

Morato, EF, Campos, LAO (2000). Partição de recursos florais de espécies de *Sida linnaeus* e *Mauvastrum coromandelianum* (Linnaeus) Garck (Malvaceae) entre *Cephalurgus anomalus* Moure & Oliveira (Hymenoptera, Andrenidae, Panurginae) e *Melissoptila cnecomala* (Moure) (Hymenoptera, Apidae, Eucerini). *Revista Brasileira de Zoologia*, 17: 705-727.

Polatto, LP, Chaud-Netto J, Alves-Junior, VV (2014). Influence of abiotic factors and floral resource availability on daily foraging activity of bees. *Journal of Insect Behavior*, 27: 593-612.

Roberts, S, Harrison, JF (1999). Mechanisms of the stability during flight in the honeybee *Apis mellifera*. *The Journal of Experimental Biology*, 202:1523-1533.

Roubik, DW (1989). Ecology and natural history of tropical bees, New York: Cambridge University Press, 514p.

Silveira Neto, S, Nakano, O, Barbin, D, Villa Nova, NA (1976). Manual de ecologia dos insetos. São Paulo: Agronômica Ceres, 419 p.

Silveira, FA, Mello, GAR, Almeida, EAB (2002). Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. Belo Horizonte, 253p.

Tavares, PRA, Dutra JCS, Polatto LP, Alves-Junior VV, Silva, ES, Souza, EP, Ponço, JV (2015). Estratégia Reprodutiva de *Cucurbita moschata* Poir (Cucurbitaceae) e Atividades de Forrageio dos seus Visitantes Florais. *EntomoBrasilis*, 8: 24-29.

Vicens, N, Bosch, J (2000). Weather-dependent pollinator activity in an apple orchard, with special reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). *Environmental Entomology*, 29: 413-420.

Zavattini, JA (1992). Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul. *Geografia*, 17: 65-91.

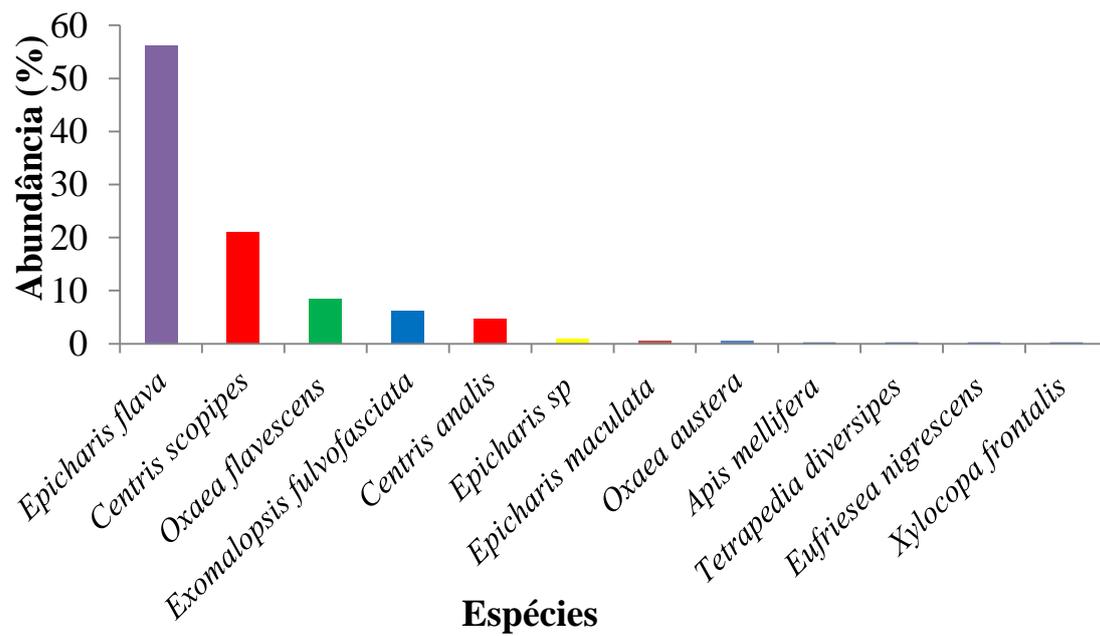


Figura 1. Abundância das espécies de abelhas visitantes das flores de *Solanum lycocarpum*, em fragmento florestal do Município de Ivinhema - MS.

Tabela 1. Abundância das diferentes espécies de abelhas nas fores de *Solanum lycocarpum*, em relação às horas do dia, durante o mês de janeiro de 2013.

Espécies de abelhas	Horários de visitação													Total
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Apidae														
<i>A. mellifera</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>C. analis</i>	1	0	2	4	0	1	1	2	2	1	1	0	0	15
<i>C. scopipes</i>	0	1	7	3	8	8	12	9	7	7	6	0	0	68
<i>E. flava</i>	6	13	24	29	27	20	25	11	7	6	6	5	2	181
<i>E. fulvofasciata</i>	0	2	2	1	3	3	6	0	1	0	1	1	0	20
<i>E. maculate</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
<i>E. nigrescens</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Epicharis</i> sp	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3
<i>T. diversipes</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>X. frontalis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Andrenidae														
<i>O. flavescens</i>	1	3	4	5	1	5	7	1	0	0	0	0	0	27
<i>O. austera</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
Total	9	20	40	44	40	37	53	23	17	15	15	6	2	322

Tabela 2. Intensidade de forrageios realizados pelas abelhas nas flores de *Solanum lycocarpum* localizadas nas bordas de um fragmento florestal secundário na região de Ivinhema- MS, em janeiro de 2013.

Espécies	Total	%	Abundância	Frequência	Constância	Dominância
<i>A. mellifera</i>	1	0,3	R	Pf	Z	Nd
<i>E. flava</i>	181	56,2	Ma	Mf	W	D
<i>C. scopipes</i>	68	21,1	A	Mf	W	D
<i>E. maculata</i>	2	0,6	R	Pf	Z	Nd
<i>Epicharis</i> sp	3	0,9	R	Pf	Y	Nd
<i>E. fulvofasciata</i>	20	6,2	C	F	W	Nd
<i>E. nigrescens</i>	1	0,3	R	Pf	Z	Nd
<i>C. analis</i>	15	4,7	C	F	W	Nd
<i>X. frontalis</i>	1	0,3	R	Pf	Z	Nd
<i>T. diversipes</i>	1	0,3	R	Pf	Z	Nd
<i>O. flavescens</i>	27	8,4	C	F	W	D
<i>O. austera</i>	2	0,6	R	Pf	Z	Nd

Ma = muito abundante; A = abundante; R= rara; C=comum; Mf = muito frequente; F = frequente; Pf = pouco frequente, W = constante; Y = acessória; Z = acidental, D = dominante; Nd = não dominante.

Tabela 3. Correlação entre os fatores abióticos e frequência de forrageios realizados pelas abelhas mais frequentes em *Solanum lycocarpum* (r = Teste de Correlação de Pearson).

Fatores ambientais		<i>E. flava</i>	<i>C. scopipes</i>	<i>C. analis</i>	<i>E. fulvofasciata</i>	<i>O. flavescens</i>
Luminosidade	r	0,1685	0,2190	0,0292	0,1272	-0,0928
	p	0,0553	0,0123	0,7420	0,1494	0,2938
Umidade relativa do ar	r	0,1269	-0,3084	-0,0406	-0,0952	0,1544
	p	0,1502	0,0004	0,6465	0,2815	0,0794
Temperatura	r	-0,1665	0,2168	-0,0385	0,0365	-0,1082
	p	0,0584	0,0133	0,6635	0,6804	0,2205
Velocidade do vento	r	-0,0250	0,1265	-0,0538	-0,0099	-0,0561
	p	0,7773	0,1517	0,5431	0,9108	0,5258

Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade

CAPÍTULO 5

Atta laevigata (Smith, 1858) agem como dispersoras de semente de *Solanum lycocarpum*?

Resumo: Formigas podem agir como dispersoras de sementes, modificando a distribuição e afetando o sucesso reprodutivo e a estrutura espacial da vegetação. A função das formigas cortadeiras como dispersoras de plantas não mirmecocóricas é pouco conhecida. Este trabalho teve como objetivo avaliar descritivamente a interação de *Atta laevigata* com diásporos de *Solanum lycocarpum*. As observações foram feitas durante 10 dias em fragmento de Floresta Secundária Estacional Semidecidual no município de Ivinhema-MS. Para determinar a taxa de remoção, 500 sementes foram retiradas de frutos maduros, secas, marcadas e distribuídas em grupos variando de 5 a 50 sementes, totalizando 100 sementes por trilha de forrageio. Grupos de 30 sementes com polpa também foram distribuídos a cada 1,0 m nas trilhas. Indivíduos de diferentes tamanhos apresentaram interações distintas com frutos e sementes, formigas menores carregavam polpa ou sementes separadamente, operárias médias carregavam sementes com polpa ou as limpavam antes de carregar para o ninho e as operárias maiores carregavam as sementes para o ninho. *Atta laevigata* agiram primariamente como predadoras, com poucas sementes descartadas. Suas ações podem interferir na regeneração da vegetação nativa, apresentando papel significativo na remoção das sementes de *S. lycocarpum*, uma espécie pioneira, e no controle populacional dessa espécie pela intensa predação das sementes. Entretanto, o descarte de 1,6% de sementes intactas possibilita a germinação, com a *A. laevigata* atuando como dispersora de sementes dessa espécie a curtas distâncias, favorecendo a dispersão de *S. lycocarpum*.

Palavras-chave: Mirmecocória, diásporos, Lobeira, saúva.

Does *Atta laevigata* (Smith, 1858) act as *Solanum lycocarpum* seed dispersers?

Abstract: Ants can act as seed dispersers, modifying their distribution, affecting the reproductive success and the vegetation spatial structure. The leaf-cutting ants function, as dispersers of non-myrmecochorous plants, is little known. This work aimed to evaluate descriptively the *Atta laevigata* interaction with *Solanum lycocarpum* diaspores. The observations were carried out, throughout 10 days, in a secondary fragment of Semideciduous Seasonal Forest in Ivinhema, MS. To determine the removal rate, 500 seeds were taken from ripe fruits, dried, labeled and distributed in groups ranged from five to 50 seeds, totaling 100 seeds per foraging trail. Groups of 30 seeds with pulp were also distributed every 1.0 m on the trails. Individuals of different sizes presented different interactions to the fruits and seeds, smaller workers carried pulp or seeds separately, medium workers carried seeds with pulp or cleaned them before carry to the nest and the largest workers carried the seeds to the nest. *Atta laevigata* acted primarily as predators, with few seeds discarded. Their actions may interfere in the native vegetation regeneration, with a significant role in removing *S. lycocarpum* seeds, a pioneer species, and in population control for this species by the severe predation of seeds. However, the remaining 1.6% intact seeds allows germination, with the *A. laevigata* acting as a seed dispersers over short distances for this species, favoring the *S. lycocarpum* dispersion.

Keywords: Myrmecochory, diaspore, Lobeira, leaf-cutter ant.

Introdução

A dispersão de sementes consiste no processo de deslocamento destes propágulos a partir da planta-mãe para diferentes locais, sendo fundamental para o ciclo de vida das espécies vegetais (Cordeiro & Howe, 2003), especialmente em ambientes tropicais (Howe & Miriti, 2004). Considerando a dispersão zoocórica, as formigas são consideradas os principais invertebrados dispersores de sementes em ecossistemas terrestres, processo denominado mirmecocoria (Stiles, 1980). Ao atuarem como dispersoras primárias (Courtenay, 1994) e também secundárias (Roberts & Heithaus, 1986; Kaspari, 1993), as formigas podem modificar marcadamente a distribuição de sementes, afetando não apenas o sucesso reprodutivo, mas também a estrutura espacial das populações vegetais.

Estudos relatam que as formigas são capazes de transportar grande número de sementes, e a distância de dispersão proporcionada pela mirmecofauna é considerada um benefício em potencial para as plantas (Andersen, 1988). Porém, alguns autores relatam que esse processo é realizado, principalmente, por um grupo restrito de espécies da comunidade de formigas (Santos, 2007; Zelikova & Breed, 2008).

Harper et al. (1970) e Dalling & Hubbel (2002) salientam que a vantagem da dispersão só se torna efetiva quando a semente é depositada em um microambiente adequado para o estabelecimento da nova planta. Além disso, a dispersão das sementes pode proporcionar para as espécies vegetais a redução de ataques de parasitas e predadores, e da competição intraespecífica após a germinação (Janzen, 1970), além da colonização de novos habitats (Howe & Smallwood, 1982) e da influência nos padrões de recrutamento de espécies vegetais em ecossistemas tropicais (Farji-Brener & Silva, 1996; Böhning-Gaese et al., 1999; Passos & Oliveira, 2002). Neste sentido, Moutinho et al. (2003) e Passos & Oliveira (2004) destacam a importância das formigas para transportarem as sementes para locais tidos como mais propícios para a germinação, como seus ninhos.

Estudos comportamentais e ecológicos sobre o forrageio de formigas contribuem para a compreensão da dispersão de sementes por formigas no ambiente (Endringer, 2011). Aspectos como abundância, local de deposição e características das sementes (peso e presença de polpa ou elaiossomo), também são importantes em estudos que

buscam investigar as atividades de consumo e remoção de sementes por essas espécies (Reader, 1993; Edwards & Crawley, 1999).

A dispersão de diásporos por formigas é um processo relevante também para plantas não mirmecocóricas, sem polpa ou elaiossomo (Farnese et al., 2011), mas a função das formigas cortadeiras como agentes dispersores de sementes destas espécies ainda é pouco conhecida (Leal & Oliveira, 1998; Smith et al., 2007; Bieber et al., 2011). Sabe-se que as formigas cortadeiras desempenham importante papel na dispersão secundária das sementes de *Solanum lycocarpum* (Courtenay, 1994), porém essas formigas atuam como dispersoras primárias de diásporos desta planta a curtas distâncias? Com base na hipótese da existência dessa interação, verificou-se que pesquisas sobre esse comportamento de dispersão são escassos. Também não é conhecido se sementes com polpa são mais removidos do que sementes sem polpa. Assim, o objetivo deste trabalho foi descrever o papel da interação de *Atta laevigata* (Smith, 1858) com os diásporos de *S. lycocarpum*.

Material e Métodos

Solanum lycocarpum é uma espécie arbustiva, com caule ramificado, ramos cilíndricos, lenhosos, fistulosos, um pouco tortuosos, e revestida por densos pêlos estrelados (Corrêa, 1984). Apresenta um padrão de floração contínua, de acordo com a classificação de Newstrom et al. (1994), produzindo poucas flores por indivíduo durante o ano, mas no auge da floração, há um aumento da produção dessas estruturas (Oliveira Filho & Oliveira, 1988). O fruto é uma baga esverdeada mesmo quando maduro e produz inúmeras sementes cinza escuro, reniformes e planas (Almeida et al., 1998). A produção de frutos é precoce, a quantidade produzida varia dependendo da idade da planta e cada fruto produz em média 1200 sementes. A maioria das sementes tem em média de 6,00 a 7,00 mm de comprimento, de 5,08 a 5,58 mm de largura e de 1,50 a 2,10 mm de espessura (Castelani et al., 2008).

O trabalho foi desenvolvido na borda de um fragmento de Floresta Estacional Secundária Semidecidual, apresentando formação típica de bioma de transição Cerrado-Mata Atlântica, localizada na área rural do município de Ivinhema, Mato Grosso do Sul (22° 16' 43" S 53° 48' 47" O), Brasil. O fragmento é composto por vegetação resultante

de processos de regeneração, uma vez que a vegetação primária foi retirada para o plantio de eucalipto, que foram retirados posteriormente para a comercialização, aproximadamente 15 anos antes deste trabalho, sendo que a maioria das árvores dessa vegetação apresenta altura em torno de 5 metros. Durante o período de estudo, a área estava sendo novamente desmatada para loteamento em pequenas propriedades rurais.

No início do mês de maio de 2013, quinze dias antes da amostragem, esse fragmento passou por um processo de queimada por ação antrópica e, dessa forma, as plantas rasteiras e pequenos arbustos que ladeavam as bordas do fragmento foram destruídos.

Para a localização dos ninhos das formigas, alguns dos indivíduos de *A. laevigata* que forrageavam nos arbustos de *S. lycocarpum* foram seguidos durante o deslocamento em suas trilhas. As distâncias em linha reta entre os arbustos e os ninhos 1, 2, 3, 4 e 5 foram de 0,96 (sob o arbusto); 5,94; 6,10; 10,47 e 19,47 metros, respectivamente.

Para testar a hipótese de que as formigas atuam como dispersoras primárias de diásporos de *S. lycocarpum* a curtas distâncias, foram feitas observações diretas da interação comportamental das formigas em frutos caídos naturalmente durante 10 dias, totalizando 30 horas, divididas em 15 horas de observações noturnas entre 17h00 e 20h00, e 15 observações diurnas entre 5h00 e 8h00. Durante as observações noturnas, uma lanterna foi utilizada para auxiliar nas avaliações comportamentais das formigas. Dado o grande número de operárias interagindo com os frutos, nem todas puderam ser seguidas enquanto se deslocavam para os ninhos.

Para determinar a taxa de remoção de sementes para os ninhos, 500 sementes foram retiradas de cinco frutos maduros, lavadas em uma peneira com água corrente para remoção da polpa, e colocadas para secar em papel filtro. Após a secagem, elas foram marcadas com tinta branca à base d'água e distribuídas ao entardecer. Foram utilizadas 100 sementes por trilha de forrageio, como forma de intensificar a amostragem de interações, em grupos variando de cinco a 50 sementes, a cada 1,0 m, ao longo de toda sua extensão dependendo do comprimento de cada trilha. Para verificar a preferência na remoção de sementes, outras sementes extraídas foram deixadas com polpa e distribuídas em grupos de cerca de 30 sementes a cada 1,0 m ao longo das trilhas de forrageio de cada colônia. Devido a pequena distância ninho-arbusto da

colônia 1 (0,96 m), que se encontrava sob um dos indivíduos de *S. lycocarpum*, as 100 sementes foram colocadas em duas etapas de 50 sementes cada, com intervalo de uma hora.

Os grupos de sementes (com e sem polpa) foram observados simultaneamente por três horas ao longo das trilhas de forrageio, registrando o comportamento de interação com as sementes, o destino final das sementes transportadas, e as sementes perdidas no transporte foram coletadas novamente. Operárias que transitavam nas trilhas de forrageio para cada uma das cinco colônias, foram coletadas, sacrificadas em câmara mortífera contendo acetato de etila e classificadas em três classes distintas de tamanho, propostas neste estudo, em relação ao comprimento dos indivíduos, como segue: pequena, entre 3 e 4,9 mm; média entre 5 e 8,9 mm e grande entre 9 e 12,9 mm. Alguns exemplares foram preparados em alfinete entomológico, identificados por especialista e depositados no Museu da Biodiversidade (MUBIO), da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Resultados e Discussão

Quando as operárias grandes encontravam frutos maduros caídos debaixo da planta-mãe, elas subiam e se deslocavam sobre o fruto, movimentando intensamente suas antenas e rapidamente outras operárias também se aproximavam e subiam no fruto. Uma vez sobre o fruto, alguns indivíduos se prendiam com suas mandíbulas no pericarpo e giravam, fazendo movimentos circulares até removerem partes dessa camada. Esse comportamento resultava em pequenas aberturas utilizadas por outras operárias que continuavam perfurando o pericarpo, até transpô-lo totalmente.

À medida que as formigas maiores perfuravam o pericarpo, operárias menores entravam no fruto pela passagem aberta e coletavam tanto o mesocarpo quanto sementes. Algumas destas operárias removiam a polpa das sementes deixando-as completamente limpas, enquanto outras as transportavam com partes deste material. Operárias pequenas, na maioria das vezes, transportavam apenas pequenos pedaços de polpa, retirada diretamente do fruto. Esse comportamento ocorreu com operárias de todas as colônias estudadas. A remoção da polpa pode influenciar positivamente a taxa de germinação por diminuir o ataque de fungos às sementes, como relatado por Oliveira et al. (1995) e Leal & Oliveira (1998).

Pinto (1998) relatou que soldados de *A. laevigata* cortavam o pericarpo dos frutos de *S. lycocarpum* e que operárias de diferentes tamanhos retiravam a polpa enquanto apenas as operárias maiores e soldados transportavam as sementes para o ninho. No entanto, neste trabalho não foi observada a presença de soldados de *A. laevigata* interagindo com os frutos e sementes, apenas operárias dos diferentes tamanhos propostos.

Quanto ao comportamento frente às sementes dispostas ao longo das trilhas, aquelas mais próximas à entrada dos ninhos foram percebidas em poucos segundos pelas operárias, que tornavam-se bastante agitadas ao examiná-las e as transportavam imediatamente para dentro do ninho. Porém, em algumas ocasiões, operárias pequenas e médias se agrupavam e transportavam massas inteiras de sementes para o ninho. Estes resultados confirmam as afirmações de Costa et al. (2007) e Zelikova & Breed (2008) de que formigas com maior tamanho corporal apresentam maior facilidade para carregar sementes individualmente, enquanto as menores necessitam de auxílio de outras.

Entretanto, foi observado que operárias maiores apresentavam certa dificuldade para coletar as sementes devido ao maior tamanho das mandíbulas em relação às sementes. Assim, elas agarravam na região mediana das sementes com as mandíbulas, curvavam o corpo e pressionavam a semente contra o esterno do tórax até, aparentemente, conseguirem colocá-la em uma posição mais adequada, para só então transportá-la para o ninho.

De acordo com Gorb & Gorb (1999), a forma e o tamanho das formigas determinam a maneira pela qual elas carregam as sementes, corroborando as observações descritas neste trabalho. Operárias menores ($4,17 \pm 1,01$ mm) transportavam polpa ou sementes separadamente, enquanto operárias médias ($6,79 \pm 1,12$ mm) carregavam sementes com polpa ou as limpavam antes de carregá-las para o ninho. Operárias médias foram observadas descartando sementes intactas, sem polpa, para fora do ninho. Este comportamento foi observado em todas as colônias, sugerindo que a polpa seria a recompensa para a formiga nesta interação. As operárias maiores ($10,02 \pm 1,09$ mm) transportavam constantemente as sementes para o ninho, porém não foram observados descartes. Essas observações permitem afirmar que indivíduos de *A. laevigata* de diferentes tamanhos apresentam comportamentos distintos quando interagindo com os frutos e sementes de *S. lycocarpum*, e que o tamanho das operárias

coletoras influencia no comportamento e no tipo de recurso coletado diretamente dos frutos. Em *Atta sexdens* L., 1758, Wilson (1980a, 1980b) também encontraram a existência de divisão de trabalho entre operárias dependendo do tamanho corporal e idade.

Uma das cinco colônias estudadas se encontrava debaixo de um indivíduo de *S. lycocarpum* e as operárias dessa colônia concentraram suas atividades próximas ao arbusto, enquanto as demais colônias forrageavam a distâncias maiores da entrada do ninho. Em geral elas coletavam partes de frutos, inclusive frutos e folhas secas de *S. lycocarpum* na serapilheira, mas também coletavam folhas diretamente de pequenos arbustos de outras espécies vegetais que se encontravam no entorno dos ninhos.

A atividade forrageadora das operárias reduz à medida que a luminosidade aumenta ao amanhecer, quando poucas operárias foram vistas coletando recursos. Hölldobler & Wilson (1990) relatam que formigas cortadeiras preferem forragear durante o período noturno quando a temperatura é mais baixa, o que pode explicar este padrão de forrageamento.

Mesmo a distância entre os arbustos e os ninhos tendo variado entre 0,96 cm e 19,47 metros, as formigas foram capazes de coletar e transportar as sementes através desse intervalo, indicando a possibilidade de influenciarem a manutenção de subpopulações da espécie vegetal, como relatado por Schupp et al. (2010) sobre o papel dos dispersores a curtas distâncias. Dalling & Wirth (1998) verificaram que indivíduos pertencentes ao gênero *Atta* conseguem transportar sementes por mais de cem metros, mas de acordo com Andersen (1988), em ambientes que apresentam elevada densidade de formigas que atuam como dispersoras de sementes, elas podem preferir se deslocar a distâncias menores para a remoção das sementes. Portanto, foi observado que *A. laevigata* atua primariamente na remoção e transporte de sementes de *S. lycocarpum* a pequenas distâncias.

Embora seja uma situação experimental, todas as sementes distribuídas (100%) pela trilha de forrageio foram coletadas e transportadas para os ninhos. Esta alta taxa de remoção pode estar relacionada à escassez de recursos alternativos, uma vez que a vegetação da área de estudo havia sofrido danos significativos por queimada. Wenny (2001) sugere que as plantas têm mais chance de sucesso no recrutamento de novos dispersores quando uma maior quantidade de sementes é direcionada para locais

adequados. Estudos também relatam a relevância do transporte de propágulos para o interior dos ninhos, os quais podem fornecer locais seguros para o desenvolvimento de plântulas, por serem ricos em nutrientes (Heithaus, 1981; Culver & Beattie, 1983; Andersen, 1988).

Courtenay (1994) observou no decorrer de uma semana, que cerca de 40% das sementes de *S. lycocarpum* foram descartadas no refugio do saubeiro, entretanto, no presente estudo verificou-se que 1,6% das sementes marcadas estavam no material de descarte no entorno dos ninhos, com exceção das sementes com polpa, que não foram observadas no material de descarte. Este fato, associado à observação de que, algumas formigas deixavam as sementes caírem ao longo da trilha, mas em seguida as coletavam novamente, indica que a espécie *A. laevigata* se comportou principalmente como predadora de sementes de *S. lycocarpum*. Além disso, apesar de as formigas terem transportado sementes para longe da planta mãe, o que segundo Janzen (1970) influenciaria no processo de dispersão, pelo fato de se afastarem das áreas de maior competição durante e após a germinação, elas mantiveram as sementes dentro dos ninhos. Portanto, as formigas podem estar utilizando as sementes como substrato para cultivo dos fungos dos quais se alimentam, o que as impediriam de germinar e originar um novo indivíduo de *S. lycocarpum*.

Outro fator a ser considerado é a ausência de elaiossoma nas sementes de *S. lycocarpum*, uma estrutura atrativa para muitas espécies de formigas pelo alto teor de lipídios, proteínas e açúcares (Handel & Beattie, 1990). As sementes com este recurso são coletadas e transportadas para os ninhos, onde são descartadas após a remoção dessa estrutura (Passos & Oliveira, 2004).

Por outro lado, o elaiossoma é uma estrutura atrativa para formigas do gênero *Atta* (Piso & Oliveira, 2001), reforçando a proposição de interesse dessa espécie de formiga pela semente estudada. Este interesse poderia estar relacionado a composição química da semente (por exemplo, alto teor de lipídios) (Marshall et al., 1979; Skidmore e Heithaus, 1988; Brew et al., 1989). Além disso, nenhum outro organismo foi observado contribuindo para a remoção e dispersão de sementes de *S. lycocarpum* durante as avaliações. Isso poderia ser consequência da queimada na área de estudo ter reduzido as populações que seriam contribuintes dessa função, ou por estas terem desaparecido da área. Zelikova & Breed (2008) salientam que, quando a remoção de

sementes é realizada principalmente por um número pequeno de espécies em cada ambiente, a taxa de remoção diminui com a perda dessas espécies ou com a redução das suas densidades. De acordo com Cordeiro et al. (2009), a perda de organismos dispersores de sementes pode por em risco as espécies de plantas que dependem destes para o processo de dispersão, ou para a germinação das sementes e, conseqüentemente, para o estabelecimento de novos indivíduos e populações da espécie. Assim, o forrageamento de *A. laevigata* torna-se importante para a dispersão de sementes de *S. lycocarpum*, mesmo em proporções pequenas e a curtas distâncias.

Formigas do gênero *Atta*, por outro lado, constroem ninhos profundos e com arquitetura que estabiliza as oscilações de temperatura e umidade (Roces & kleinendam, 2000; Farji-Brener, 2000), portanto, são resistentes a queimadas, possibilitando a multiplicação e estabelecimento rápido em habitats alterados (Rao, 2000; Santos et al., 2008). Isso poderia explicar a permanência dessas colônias na área mesmo após a queimada, o que aumentou o significado do papel das formigas como dispersoras das sementes de *S. lycocarpum*.

Embora neste trabalho tenha sido demonstrado o papel de *A. laevigata* como predadoras, com poucas sementes descartadas (1,6%), acredita-se que as atividades de formigas desta espécie na área de estudo sugerem um efeito positivo na regeneração da vegetação nativa.

Atta laevigata atua no controle populacional de *S. lycocarpum*, uma espécie vegetal pioneira, pela predação de suas sementes, além de ter papel importante na remoção primária de sementes de *S. lycocarpum*, favorecendo a dispersão a curtas distâncias. Assim, a formiga *A. laevigata* estaria atuando como dispersora desta espécie vegetal em áreas de regeneração natural.

Referências Bibliográficas

- Almeida, S. P.; Proença, C. E. B.; Sano, S. M. & Ribeiro, J. F. (1998). Cerrado: Espécies vegetais úteis. 1 ed. Planaltina: EMBRAPA – CPAC. 464p.
- Andersen, A. N. (1998). Dispersal distance as a benefit of myrmecochory. *Oecologia*, 75: 507-511.
- Beattie, A. J. (1985). *The Evolutionary Ecology of Ant-Plant Mutualisms*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bieber, A. G. D., M. A. Oliveira, M. A., Wirth, R.; Tabarelli, M. & Leal, I. R. (2011). Do abandoned nests of leaf-cutting ants enhance plant recruitment in the Atlantic Forest? *Austral Ecol.*, 36: 220-232.
- Brew, C.R, O’Dowd, D. J. & Rae, I.A. (1989). Seed dispersal by ants: behaviour-releasing compounds in elaiosomes. *Oecologia*, 80: 490-497.
- Böhning-Gaese, K.; Gaese, B. H. & Rabemanantsoa, S. B. (1999). Importance of primary and secondary seed dispersal in the Malagasy tree *Commiphora guillaumini*. *Ecology*, 80: 821-832.
- Castellani; E. D.; Damião Filho, C. F. D.; Aguiar, Paula ; I. B. R. C. (2008). Morfologia de frutos e sementes de espécies arbóreas do gênero *Solanum* L. *Rev Bras Sem*, 30: 102-113.
- Cordeiro, N. J. & H. F. Howe. (2003). Forest fragmentation severs mutualism between seed dispersers and an endemic African tree. *Proc Natl Acad Sci*, 100: 14052-14056.
- Cordeiro, N. J.; Ndangalasi, H. J.; Mcentee, J. P. & Howe, H. F. (2009). Disperser limitation and recruitment of an endemic African tree in a fragmented landscape. *Ecology*, 90: 1030-1041.
- Costa, U. A. S.; Oliveira, M.; Tabarelli, M. & Leal, I. R. (2007). Dispersão de sementes por formigas em remanescentes de Floresta Atlântica nordestina. *Rev Bras Bioc.*, 5: 231-233.

- Courtenay, O. (1994). Conservation of maned Wolf: fruitful relations in a changing environment. *Canid News*, 2: 41-43.
- Culver, D. C. & Beattie, A. J. (1983). Effects of ant mounds on soil chemistry and vegetation patterns in a Colorado Montane Meadow. *Ecology*, 64: 485-492.
- Dalling, J. W. & Hubbell, S. P. (2002). Seed size growth rate and gap microsite conditions as determinants of recruitment successes for pioneer species. *J Ecol*, 90: 557-568.
- Dalling, J. W. & Wirth, R. (1998). Dispersal of *Miconia argentea* seeds by the leaf-cutting ant *Atta colombica*. *J Trop Ecol*, 14: 705-710.
- Edwards, G. R. & Crawley, M. J. (1999). Rodent seed predation and seedling recruitment in mesic grassland. *Oecologia*, 118: 288-296.
- Endringer, F. B. (2011). Comportamento de forrageamento da formiga *Atta robusta* Borgmeier 1939 (Hymenoptera: Formicidae) – Dissertação de Mestrado (Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro. 66f.
- Farji-Brener, A. G. (2000). Leaf-cutting ant nest in temperate environments: mounds, mound damage and nest mortality rate in *Acromyrmex lombicornis*. *Stud Neotrop Fauna E*, 35: 131-138.
- Farji-Brener, A. G. & Silva, J. F. (1996). Leaf-cutter ants (*Atta laevigata*) aid to the establishment success of *Tapirira velutinifolia* (Anacardiaceae) seedlings in a parkland savanna. *J Trop Ecol*, 12: 163-168.
- Farnese, F. S., Campos, R. B. F. & Fonseca, G. A. (2011). Dispersão de diásporos não mirmecocóricos por formigas: influência do tipo e abundância do diásporo. *Rev Árv*, 35: 125-130.
- Gorb, S. N. & Gorb, E. V. (1999). Dropping rates of elaiosome-bearing seeds during transport by ants (*Formica polyctena* Foerst): Implications for distance dispersal. *Acta Oecol*, 20: 509-518.
- Handel, S. N. & Beattie, A. J. (1990). Seed dispersal by ants. *Sci Am*, 263: 76-83.

- Harper, J. L. Lovell, P. H. & Moore, K. G. (1970). The shapes and sizes of seeds. *Annu Rev Ecol Syst*, 1: 327-356.
- Heithaus, E. R. (1981). Seed predation by rodents on three ant-dispersed plants. *Ecology*, 62: 136-145.
- Hölldobler, B. & Wilson, E. O. (1990). *The ants*. Cambridge: Harvard University Press, 732p.
- Howe, H. F. & Miriti, M. N. (2004). When seed dispersal matters. *Bio Science*, 54: 651-660.
- Howe, H. F. & Smallwood, J. (1982). Ecology of seed dispersal. *Annu Rev Ecol Syst*, 13: 201-228.
- Janzen, D. H. (1970). Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *Am Nat*, 104: 501-529.
- Kaspari, M. (1993). Removal of seeds from neotropical frugivore droppings: ants responses to seed number. *Oecologia*, 95: 81-88.
- Leal, I. R. & Oliveira, P. S. (1998). Interactions between fungus-growing ants (Attini), fruits and seeds in Cerrado vegetation in southeast Brazil. *Biotropica*, 30: 170-178.
- Marshall, D. L.; Beattie, A. J. & Bollenbacher, W. E (1979). Evidence for diglycerides as attractants in an ant-seed interaction. *J. Chem. Ecol*, 5: 335-344.
- Moutinho, P. D.; Nepstad, D. C. & Davisson. E. A (2003). Influence of leaf-cutting ant nest on secondary forest growth and soil properties in amazona. *Ecology*, 84: 1265-1276.
- Oliveira Filho A.T & Oliveira, L.C. (1988). A Biologia floral de uma população de *Solanum lycocarpum* St. Hill. (Solanaceae) em Lavras MG. *Rev. Bras. Bot.* 11: 23-3.
- Oliveira, P. S.; Galetti, M.; Pedroni, F. & Morellato, L. P. C. (1995). Seed cleaning by *Mycocepurus goeldii* ants (Attini) facilitates germination in *Hymenaea courbaril* (Caesalpinaceae). *Biotropica*, 27: 518-522.

- Passos, L. & Oliveira, P. S. (2002). Ants affect the distribution and performance of *Clusia criuva* seedlings, a primarily bird-dispersed rainforest tree. *J Ecol*, 90: 517-528.
- Passos, L. & Oliveira, P.S. (2004). Interactions between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sand plain rain forest: ant effects on seeds and seedling. *Oecologia*, 139: 376-382.
- Pinto, F. S. (1998). Efeitos da dispersão de sementes por animais e dos fatores edáficos sobre a germinação, crescimento e sobrevivência das plântulas de lobeira *Solanum lycocarpum*. 68f. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília, Brasília.
- Pizo, M. A. & Oliveira, P. S. (2001). Size and lipid content of non myrmecochorus diaspores: effects on the interaction with litter-foraging ants in Atlantic Rain Forest of Brazil. *Plant Ecol*, 157: 37-52.
- Rao, M. (2000). Variation in leaf-cutter ant (*Atta* sp.) densities in forest isolates: the potential role of predation. *J Trop Ecol*, 16: 209-225.
- Reader, R. J. (1993). Control of seedling emergence by ground cover and seedling in relation to seed size for some old-field species. *J Ecol*, 81:169-175.
- Roberts, J. T. & E. R. Heithaus. (1986). Ants rearrange the vertebrate-generated seed shadow of a neotropical fig tree. *Ecology*, 67: 1046-1051.
- Roces, F. & Kleineidam, C. (2000). Humidity preference for fungus culturing by workers of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*. *Insect Soc*, 47: 348-350.
- Santos, M. M. E. (2007). Secondary seed dispersal of *Ricinus communis* Linnaeus (Euphorbiaceae) by ants in secondary growth vegetation in Minas Gerais. *Rev Árv*, 31: 1013-1018.
- Santos, B. A., Peres, C. A.; Oliveira, M. A.; Grillo, A.; Alves-Costa, C. P. & Tabarelli, M. (2008). Drastic erosion in functional attributes of tree assemblages in Atlantic Forest fragments of northeastern Brazil. *Biol. Conserv*, 141: 249-260.
- Skidmore, B. A. & Heithaus, E. R. (1988). Lipid cues for seed-carrying by ants in *Hepatica americana*. *J. Chem. Ecol*, 14: 2185-2196.

Schupp, E. W., Jordano, P., & Gómez, J. M. (2010). Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. *New Phytol*, 188: 333-353.

Stiles, E. W. (1980). Patterns of fruit presentation and seed dispersal in bird-disseminated woody plants in the earsten deciduous forest. *Am Nat*, 116: 670-688.

Wenny, D. G. (2001). Advantages of seed dispersal: A re-evaluation of directed dispersal. *Evol Ecol Res*, 3: 51-74.

Wilson, E. O. (1980a). Caste and division of labor in leaf-cutter ants (Hymenoptera-Formicidae: *Atta*). I. The overall pattern in *Atta sexdens*. *Behav Ecol Sociobiol*, 7: 143-56.

Wilson, E. O. (1980b). Caste and division of labour in leaf-cutter ants (Hymenoptera-Formicidae: *Atta*). II. The ergonomic optimization of leaf cutting. *Behav Ecol Sociobiol*, 7: 157-65.

Zelikova, T. J. & Breed, M. D. (2008). Effects of habitat disturbance on ant community composition and seed dispersal by ants in a tropical dry forest in Costa Rica. *J Trop Ecol*, 24: 309-316.

CAPÍTULO 6

A Lobeira (*Solanum lycocarpum* A. St. Hil.) como um Significativo Elemento para a Manutenção da Fauna de Abelhas Polinizadoras de Culturas

Resumo: Objetivou-se testar o papel de *Solanum lycocarpum* como fonte de recurso para a manutenção de abelhas importantes aos plantios agrícolas, pelo estudo fenológico qualitativo de uma população. As observações fenológicas foram realizadas na borda de um fragmento secundário, em Ivinhema-MS, de julho de 2012 a julho de 2013. Coletaram-se 322 abelhas, pertencentes a 12 espécies das famílias Apidae e Andrenidae, especialmente *Epicharis flava* (56,2%), *Centris scopipes* (21,1%) e *Oxaea flavescens* (8,4%). Estas, juntamente com *Centris analis*, possuem porte corporal grande e comportamento de vibração nas flores, sendo consideradas polinizadoras efetivas de *S. lycocarpum*. A população apresentou padrão de floração contínuo e quantitativamente uniforme. Tal padrão de florescimento de *S. lycocarpum* permite considerar a espécie como excelente fonte de recurso para a guilda de abelhas polinizadoras. Recomenda-se o seu plantio ou a manutenção de suas populações visando a melhoria dos serviços ecossistêmicos de polinização de plantas de interesse econômico ou plantas nativas, que delas dependam.

Palavras-chave: Solanaceae, polinização, serviços ambientais.

Abstract: The aim was to demonstrate the role of *Solanum lycocarpum* as a resource for maintenance of bees important to agricultural plantations, by a qualitative phenological study of a population. Phenological observations were carried out at the edge of a secondary fragment, in Ivinhema-MS, from July 2012 to July 2013. It was collected 322 bees belonging to 12 species of the families Apidae and Andrenidae, especially *Epicharis flava* (56,2%), *Centris scopipes* (21,1%) and *Oxaea flavescens* (8,4%). These, along with *Centris analis*, have large body size and vibration behavior in the flowers, being considered effective pollinators of *S. lycocarpum*. The population presented continuous flowering pattern and quantitatively uniform. It is recommended planting or the maintenance of their populations in order to improve ecosystemic pollination services of crops or native plants that depend on them.

Keywords: Solanaceae, pollination, environmental services.

Introdução

O papel funcional dos serviços ecossistêmicos prestados pelos polinizadores é fundamental na manutenção da biodiversidade e da composição florística (KEVAN & VIANA, 2003; BIESMEIJER et al., 2006; POTTS et al., 2010). Ollerton et al. (2011) avaliaram a literatura a respeito e afirmaram que 87,5% das plantas com flores conhecidas dependem em algum momento de animais polinizadores. Há muito tempo a ação dos polinizadores é conhecida e considerada como um elemento chave da produção agrícola e da conservação ambiental (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012).

Embora muitos grupos de insetos sejam conhecidos como polinizadores, as abelhas constituem o grupo mais importante em número e diversidade, em especial quando se trata de regiões tropicais (BAWA et al., 1985; BAWA, 1990). No entanto, diversos fatores que resultam em modificações da paisagem, podem causar o declínio das populações de abelhas. O desmatamento, a fragmentação de ambientes naturais (FAHRIG, 2003), o uso de inseticidas, a retirada de ninhos da natureza para coleta de mel e outros produtos podem reduzir as populações das espécies de insetos sociais (KREMEN et al., 2002). A introdução de espécies capazes de competir com as abelhas nativas, principalmente pelos recursos florais, também pode causar uma diminuição dessas populações (KEVAN & VIANA, 2003).

As alterações da paisagem vêm sendo consideradas como as principais causas da limitação e declínio dos serviços de polinização (KREMEN et al., 2002; STEFFANDEWENTER & WESTPHAL, 2008). Consequentemente, o fluxo de pólen e a reprodução sexuada das espécies vegetais são alterados, acarretando, na maioria dos casos, em redução na quantidade e qualidade de frutos e sementes produzidas (AGUILAR et al., 2006; CHACOFF & AIZEN, 2006). O papel dos polinizadores na agricultura tem sido mais evidente nas últimas décadas, pois a agricultura tem se tornado cada vez mais dependente desses organismos, tanto nos países desenvolvidos quanto nos em desenvolvimento (GALLAI et al., 2009).

A lobeira, *Solanum lycocarpum* A. St. Hil. (Solanaceae), é uma importante espécie pioneira (MARTINS, 2005). Ela pode ser encontrada nas vegetações do tipo Campo Sujo, Cerrado e Cerradão (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2003) e em campos abertos, em especial nas formações secundárias, entre as quais se destacam as áreas antropizadas (MARTINS, 2005). Corrêa (1984) salienta que *S. lycocarpum* apresenta

porte arbustivo, é muito ramosa, com ramos cilíndricos, lenhosos e um pouco tortuosos. Em um mesmo indivíduo são produzidas flores hermafroditas e flores funcionalmente masculinas (andromonóicas) (OLIVEIRA FILHO & OLIVEIRA, 1988).

As flores de *S. lycocarpum* estão reunidas em inflorescências cimosas (GALASSI et al., 2006), apresentam corola de coloração roxa, contêm cinco anteras coniventes, de amarelo intenso, poricidas, que rodeiam a estrutura do gineceu. A presença de anteras poricidas é característica do gênero *Solanum* (SOUZA & LORENZI, 2005). É uma espécie nativa do Cerrado que apresenta grande importância ecológica como fonte de alimento para animais silvestres (ALMEIDA et al., 1998).

Seu nome popular “Lobeira” ou “Fruta de lobo” se deve aos seus frutos servirem de alimentação para o lobo guará. As plantas dessa espécie crescem e se desenvolvem em condições ambientais extremas, tais como terras ácidas e pobres em nutrientes, e é capaz de suportar um clima árido e períodos de seca prolongados. É capaz de resistir a ciclos anuais de queimadas, sendo então considerada como uma espécie invasora de áreas devastadas pelo homem bem como de pastagens (CAMPOS, 1994).

As espécies invasoras são colonizadoras, se estabelecem e mudam o ambiente, propiciando condições adequadas para que espécies mais exigentes e de crescimento lento se estabeleçam posteriormente (RICKLEFS, 2003). Além disso, a espécie colonizadora pode apresentar recursos que propiciem a interação com a fauna, como frutos, sementes, pólen, néctar, óleos, contribuindo com a sustentabilidade do processo sucessional. Essas características tornam relevante o estudo da utilização da lobeira em sistemas agroecológicos, por seu potencial como uma espécie importante para a manutenção de organismos polinizadores, especialmente as abelhas.

Objetivou-se demonstrar o papel de *S. lycocarpum* como fonte de recurso para a manutenção de abelhas importantes aos plantios agrícolas por meio do estudo fenológico qualitativo de uma população.

Material e Métodos

Solanum lycocarpum apresenta porte arbustivo, é muito ramosa, com ramos cilíndricos, lenhosos, fistulosos, um pouco tortuosos e revestidos com densos pelos

estrelados (CORRÊA, 1984). Em um mesmo indivíduo são produzidas flores hermafroditas e flores funcionalmente masculinas (andromonóicas) (OLIVEIRA FILHO & OLIVEIRA, 1988).

As flores de *S. lycocarpum* estão reunidas em inflorescências cimosas (GALASSI et al., 2006), apresentam corola de coloração roxa, contêm cinco anteras coniventes, de amarelo intenso, poricidas, que rodeiam a estrutura do gineceu. A presença de anteras poricidas é característica do gênero *Solanum* (SOUZA & LORENZI, 2005). A fenologia de floração e frutificação dos indivíduos (15) de *S. lycocarpum* foi caracterizada pelo período que compreende a produção de botões florais, floração e produção de frutos maduros.

As observações fenológicas foram realizadas entre julho de 2012 e julho de 2013, na borda de um fragmento de Floresta Secundária (22°16'43"S; 53°48'47"O), na área rural do Município de Ivinhema, Mato Grosso do Sul. Foi registrada a presença das fenofases e foi analisada a sincronia das fenofases reprodutivas utilizando o método do Índice de Atividade. Tal método consiste na constatação da presença ou ausência da fenofase no indivíduo, não sendo avaliada quantitativa ou qualitativamente (BENCKE & MORELLATO, 2002).

O tempo de desenvolvimento da flor foi registrado utilizando-se de marcações com etiquetas, a partir do surgimento dos botões até a queda da flor em 10 inflorescências, determinando-se o tempo médio investido pela espécie para completar as fenofases de botão floral e flor. As coletas das abelhas visitantes foram realizadas com rede entomológica, diretamente das flores de *S. lycocarpum*, durante o processo de floração plena, entre as 6h00 e 18h15min, nos primeiros 15 minutos de cada hora. Essas avaliações aconteceram em um número variável de flores pertencentes a 15 indivíduos de *S. lycocarpum* durante 10 dias não necessariamente consecutivos. As abelhas mais abundantes foram classificadas quanto ao tamanho de acordo com métodos propostos por Roubik (1989).

Os indivíduos capturados foram sacrificados em câmara mortífera contendo acetato de etila e separados em recipientes previamente identificados em relação ao período de coleta. Os exemplares encontram-se depositados no Laboratório de Apicultura da FCBA-UFGD.

Resultados e Discussões

As inflorescências apresentaram uma ou duas flores abertas ao mesmo tempo, sendo que em uma mesma inflorescência, era possível encontrar botões florais em diferentes estágios de desenvolvimento. Além disso, as flores recém-abertas apresentavam coloração mais forte e a corola se tornava mais clara à medida que ficavam mais velhas, confirmando as informações de Oliveira Filho & Oliveira (1988).

Geralmente eram encontrados dois botões florais em pré-antese nas inflorescências em que apenas uma flor estava aberta. Já nas que apresentavam duas flores abertas, apenas um botão em pré-antese era observado. Flores de *S. lycocarpum* oferecem apenas pólen como recompensa para seus visitantes. Plantas com flores deste tipo apresentam anteras vistosas como uma forma de sinalização para as abelhas em relação à fonte de recurso (Vogel, 1978). Essa característica foi observada na espécie em estudo principalmente nas primeiras horas após a antese. Quanto ao período de antese, a abertura dos lobos da maioria das flores ocorreu durante a manhã, iniciando-se entre 5h00 e 8h00, com a abertura gradativa até a expansão total da corola.

Porém algumas flores se abriram em outros períodos do dia. O cone de anteras começa a aparecer assim que a corola se abre. No início do período de observações (julho 2012), já havia indivíduos com flores, frutos e botões em diferentes estágios de desenvolvimento. Em meados do mês de setembro houve uma redução significativa do número de plantas com produção de botões e flores, cessando por completo em novembro, época em que se encontravam frutos secos ou em fase final de maturação (Tabela 1).

O período de surgimento e desenvolvimento das novas inflorescências e de botões florais iniciou-se após as primeiras chuvas no início do mês de dezembro, porém a maior frequência de arbustos com botões florais e flores (100%) ocorreu no final de Janeiro de 2013, sendo que alguns indivíduos já apresentavam frutos no início de desenvolvimento (Tabela 1). No mês de fevereiro, todos os indivíduos reiniciaram a produção de inflorescências quando também foi possível observar abundância de frutos imaturos. No mês de março houve a diminuição do número de indivíduos (66,6%) com produção de novas inflorescências, flores e frutos e, por consequência desse evento, o mês de abril foi aquele em que se observou o menor número de flores abertas.

No entanto, em maio iniciou-se novamente a produção de botões em grandes quantidades, entretanto, nesse período a área sofreu com as queimadas provocadas pelo homem.

Tabela 1. Comportamento fenológico da população de *Solanum lycocarpum* localizada na área rural do município de Ivinhema, MS, de julho de 2012 a julho de 2013.

Ano	2012						2013						
Mês	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
Fenofase													
Botões florais													
Flores													
Frutos imaturos													
Frutos maduros													

Em junho apenas 33,3% dos indivíduos que não foram atingidos com as queimadas apresentaram algumas flores abertas. No mês de julho poucos indivíduos apresentaram flores abertas, porém observou-se que 100% dos arbustos que restaram apresentavam uma grande quantidade de frutos imaturos e maduros produzidos a partir de flores que se abriram nas fases reprodutivas anteriores (Tabela 1). Ocorreu um decréscimo na produção de flores e frutos nos meses próximos ao inverno.

Marques & Oliveira (2004), salientam que as plantas estão sujeitas às variações ambientais locais que podem ter influência no seu comportamento fenológico. Ainda esses autores relatam que a temperatura, umidade relativa do ar e o fotoperíodo, podem interferir na produção e no desenvolvimento de botões, flores e frutos, o que pode explicar os padrões fenológicos observados em *S. lycocarpum*. Levando em consideração as características observadas, a população de *S. lycocarpum* apresentou um padrão de floração contínuo, segundo a classificação Newstrom et al. (1994). Observou-se ainda que essa população apresentou sincronia em sua floração, o que atrai um maior número de visitantes florais (PRIMACK 1980; AUGSPURGER 1981). Isso gera aumento nas taxas de visitas às flores e no transporte de pólen entre as plantas, elevando os níveis de polinização.

Dessa forma, a espécie estudada pode atuar como um atrativo da fauna de polinizadores (abelhas), aumentando a produtividade de áreas cultivadas que façam parte de um sistema agroecológico, tendo *S. lycocarpum* como um atrativo eficaz em relação às abelhas. Cada uma das inflorescências avaliadas (n=10) produziram 13 botões que se desenvolveram em flores, em um tempo médio de $28,6 \pm 2,7$ dias. Para o desenvolvimento dos frutos, até o amadurecimento completo, foram necessários $119,7 \pm 6,7$ dias.

Assim, são necessários de 4 a 5 meses para uma inflorescência de *S. lycocarpum* completar toda a sua fase reprodutiva. Nos 10 dias de avaliação dos visitantes florais, a quantidade de flores foi uniforme ($X^2= 12,82$; $p = 0,1708$) e foram observadas 322 abelhas, pertencentes a 12 espécies distribuídas em duas famílias (Apidae e Andrenidae), forrageando as flores. A família Apidae foi representada por 10 espécies e 90,7% dos indivíduos coletados. Andrenidae foi representada por duas espécies pertencentes a um único gênero representando 9,03% dos indivíduos.

A espécie de abelha mais abundante foi *Epicharis flava* Friese, 1900, com 56,2%, seguida por *Centris scopipes* Friese, 1899 com 21,1%, *Oxaea flavescens* Klug, 1807 8,4%, *Exomalopsis fulvofasciata* Smith, 1879 6,2%, *C. analis* Fabricius, 1804 4,7%, *Epicharis* sp 0,9%, *E. maculata* Smith, 1874, *Oxaea* sp, 0,6% e *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, *Tetrapedia diversipes* Klug, 1810, *Eufriesea nigrescens* Friese, 1923 e *Xylocopa frontalis* Oliver, 1789, com 0,3%.

Tanto *E. flava*, *C. scopipes*, *O. flavescens* e *C. analis* apresentam porte corporal grande (Tabela 2) e, devido ao comportamento de vibração apresentado nas flores, foram consideradas polinizadoras efetivas de *S. lycocarpum*, especialmente *E. flava*, considerada a principal polinizadora pela frequência e abundância (dados não mostrados). Esta capacidade de vibração é essencial para ocorrer a liberação dos grãos de pólen em anteras poricidas, as quais não expõem esse recurso, exigindo maior gasto energético para sua liberação (THORP & ESTE, 1975).

Tabela 2. Abelhas visitantes mais abundantes nas flores de *Solanum lycocarpum*, classificadas quanto ao comprimento corporal de acordo com Roubik (1989).

Espécies	Comprimento
	Corporal
<hr/>	
Apidae	
<i>E. flava</i>	Grande
<i>C. scopipes</i>	Grande
<i>E. fulvofasciata</i>	Médio
<i>C. analis</i>	Grande
Andrenidae	
<i>O. flavescens</i>	Grande

Abelhas visitantes mais abundantes nas flores de *S. lycocarpum*, classificadas quanto ao comprimento corporal de acordo com Roubik (1989). Em relação aos eventos fenológicos registrados em *S. lycocarpum*, observou-se que os longos períodos em que os indivíduos dessa espécie permanecem produzindo flores podem contribuir com a manutenção das espécies de abelhas visitantes de suas flores, favorecendo e intensificando o processo de polinização cruzada, e com isso a manutenção e desenvolvimento da planta na região.

Ao mesmo tempo, podem contribuir com o sucesso da agricultura local, visto que muitas culturas são representadas por espécies de solanáceas com o mesmo padrão de anteras que necessitam do comportamento estereotipado de vibração dos visitantes para a liberação dos grãos de pólen, tais como: o tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), a beringela (*Solanum melongena* L.), o jiló (*Solanun gilo Raddi*), pimentas e pimentões (*Capsicum* spp.), mencionadas por Raw (2000) e há culturas com flores grandes (maracujá, por exemplo) que dependem de polinizadores com tamanhos corporais maiores para a efetividade do processo (RUGGIERO, 1980), como as observadas em *S. lycocarpum*.

Os sistemas agroflorestais têm surgido como alternativa para a manutenção da biodiversidade em áreas impactadas pela monocultura e refletem a necessidade de produção agrícola atrelada a práticas ecológicas e socialmente sustentáveis (FERREIRA, 2008). Imperatriz-Fonseca et al. (2012) ressaltam que tanto a agricultura bem sucedida como a manutenção da biodiversidade natural depende da sobrevivência de habitats naturais e, no caso da agricultura em particular, do relacionamento espacial entre habitats naturais e culturas agrícolas, havendo necessidade de se estabelecer prioridades conservacionistas na paisagem agrícola, a fim de preservar a agrobiodiversidade pelo desenvolvimento de uma agricultura sustentável e de serviços realizados por polinizadores.

As informações sobre a biologia, comportamento de pastejo e eficiência polinizadora da maioria das espécies de abelhas silvestres ainda são insuficientes para um perfeito manejo das mesmas (D'ÁVILA & MARCHINI, 2005). Muitas podem estar associadas de alguma forma a plantas de interesse econômico, sejam cultivadas ou silvestres. Estudos como este podem auxiliar a encontrar formas de melhorar os índices de polinização das culturas, e também contribuir com alternativas economicamente viáveis para preservar a diversidade biológica de nossa fauna apícola de polinizadores.

Conclusões

O padrão de florescimento de *S. lycocarpum*, praticamente contínuo durante todo o período estudado, permite considerar a espécie como excelente fonte de recurso para a guilda de abelhas polinizadoras. Recomenda-se o seu plantio ou a manutenção de suas populações visando a melhoria dos serviços de polinização de plantas de interesse econômico ou plantas silvestres, que delas dependem.

Referências Bibliográficas

- AGUILAR, R.; ASHWORTH, L.; GALETTO, L.; AIZEN, M. A. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and sunthesis though a meta-analysis. *Ecology Letters*, v. 9, n. 8, p. 968-980, 2006.
- AUGSPURGER, C. K. Reproductive synchrony of a tropical plant: experimental effects of pollinators and seed predators on *Hybanthus prunifolius* (Violaceae). *Ecology*, v. 62, n. 3, p. 775-788, 1981.
- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. Cerrado: Espécies vegetais úteis, 1ª Ed, Planaltina: EMBRAPA - CPAC, p. 464, 1998.
- BAWA, K. S. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecological Systems*, v. 21, p. 399-422, 1990.
- BAWA, K. S.; BULLOCK, S. H.; PERRY, D. R.; COVILLE, R. E.; GRAYUM, M. H. Reproductive biology of tropical Lowland rain forest trees, II, Pollination mechanisms. *American Journal of Botany*, v. 72, n. 3, p. 346-356, 1985.
- BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira Botânica*, v. 25, n.3, p. 269-275, 2002.
- BIESMEIJER, J. C.; ROBERTS, S. P. M.; REEMER, M.; OHLEMULLER, R.; EDWARDS, M.; PEETERS, T.; SCHAFEFERS, A. P.; POTTS, S.; KLEUKERS, R.; THOMAS, C. D.; SETTELE, J.; KUNIN, W. E. Parallel Declines in Pollinators and Insect-pollinated Plants in Britain the Netherlands. *Science*, v. 313, n. 5785, p. 351-354, 2006.
- CAMPOS, J. M. O eterno plantio: um reencontro com a natureza. 1ª Ed, São Paulo: Pensamento, 1994, p. 250.
- CHACOFF, N. P.; AIZEN, M. A. Edge effects on flower visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. *Journal of Applied Ecology*, v. 43, n. 1, p. 18-27, 2006.

CORRÊA, M. P. Dicionário de plantas úteis do Brasil e exóticas cultivadas. Brasília: Ministério da Agricultura/Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1984, v. 6, 747p.

D'AVILA, M.; MARCHINI, L.C. Revisão bibliográfica: polinização realizada por abelhas em culturas de importância econômica no Brasil. Boletim de Indústria Animal, v. 62, n. 1, p. 79-90, 2005.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, v. 34, p. 487-515, 2003.

FERREIRA, F. M. C. A polinização como um serviço do ecossistema: uma estratégia econômica para a conservação. 2008. 86 f. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais. 2008.

GALLAI, N., SALLES, J. M., SETTELE, J.; VAISSIERE, B. E. Economic Valuation of the Vulnerability of World Agriculture Confronted with Pollinator Decline. Ecological Economics, v. 68, n. 3, p. 810-821, 2009.

GALASSI, S.C.; MELLO-SILVA, R.; SILVA, T.R.S. Flora de Grão-Mongol, Minas Gerais: Solanaceae. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo, v. 24, p. 101-105, 2006.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso Sustentável, Conservação e Serviços Ambientais. 1ª Ed. USP: São Paulo, 2012, 488 p.

KEVAN, P.; VIANA, B. F. The global decline of pollination services. Biodiversity, v.4, n. 4, p. 3-8, 2003.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; THORP, R. W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. Proceedings of the National Academy of USA, v.99, n. 26, p. 16812-16816, 2002.

MARQUES, M. C. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restingas na Ilha do Mel, sul do Brasil. Revista Brasileira de Botânica, v. 27, n. 4, p. 713-723, 2004.

MARTINS, K. Diversidade genética e fluxo gênico via pólen e semente em populações de *Solanum lycocarpum* A. ST. HIL. (Solanaceae) no sudeste de Goiás. 2005. 128 f. Tese (Doutorado em genética e melhoramento de plantas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*, v. 26, n. 2, p. 141-159, 1994.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*, v.120, n. 3, p. 321-326, 2011.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; OLIVEIRA, L. C. A. Biologia floral de uma população de *Solanum lycocarpum* St, Hill, (Solanaceae) em Lavras MG. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 11, n. 1/2, p. 23-32, 1988.

OLIVEIRA JUNIOR, E. N.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; LOPEZ SANTOS, J. Z. Análise nutricional da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) durante o amadurecimento. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 27, n. 4, p. 846-851, 2003.

POTTS, S.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

RICKLEFS, R. E. A economia da natureza. 5ª Ed., Rio de Janeiro: Guanabra Koogan, 2003, p. 542. PRIMACK, R. B. Phenological variation within natural populations: flowering in New Zealand montane shrubs. *Journal of Ecology*, v. 68, n. 2, p. 849-862, 1980.

RAW, A. Foraging behaviour of wild bees at hot pepper flowers (*Capsicum annuum*) and its possible influence on cross pollination. *Annals of Botany*, v. 84, n. 4, p. 487-492, 2000.

ROUBIK, D. W. Ecology and natural history of tropical bees. New York: Cambridge University Press, 1989, p. 514.

RUGGIERO, C. Alguns fatores que podem influir na frutificação do maracujazeiro. In: RUGGIERO, C. Cultura do Maracujazeiro. Jaboticabal, F.C.A.N. p.76-85, 1980.

STEFFAN-DEWENTER, I.; WESTPHAL, C. The interplay of pollinator diversity, pollination services and landscape change. *Journal of Applied Ecology*, v. 45, n. 3, p. 737-741, 2008.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II, Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2005, 640p.

THORP, R. W.; ESTES, J. R. Intrafloral behavior of bees on flowers of *Cassia fasciculata*. *Journal of the Kansas Entomological Society*, v. 48, n. 2, p. 175-184, 1975.

VOGEL, S. Evolutionary shifts from reward to deception in pollen flowers. In: RICHARDS, A. J. The pollination of flower by insects. *Linnean Society Symposium Series*. Academic Press, v. 6, n. 6, p. 89-96, 1978.

CAPÍTULO 7

Sítios de criação de drosofilídeos (Insecta: Diptera) em frutos da lobeira

Resumo: Os frutos são considerados como um dos locais mais utilizados por Drosophilidae como sítios de desenvolvimento até a fase adulta. Objetivou-se com este trabalho conhecer as espécies de drosofilídeos que utilizam os frutos da lobeira *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae) como sítio de desenvolvimento de suas larvas, em um fragmento de Floresta Secundária de transição Cerrado-Mata Atlântica. Os frutos de *S. Lycocarpum* foram coletados semanalmente durante o período de amadurecimento, pesados, e aferido o diâmetro longitudinal e posteriormente armazenado individualmente em recipientes plásticos. Cada recipiente foi vistoriado diariamente quanto a emergência de drosofilídeos. Os adultos que emergiram foram armazenados em frascos com álcool 80% e encaminhados para a identificação. Foram calculadas a proporção de frutos, a densidade de larvas, a infestação de pupas/kg de fruto e de pupas/fruto e também a viabilidade pupal. Foram encontradas três espécies exóticas de drosofilídeos, sendo *Drosophila simulans* Sturtevant 1919 a espécie com maior número de representantes. A taxa de emergência registrada foi de 78,7% e uma média de $8,8 \pm 3,42$ moscas por fruto. A taxa de infestação de pupário/kg de fruto foi de 186,9, com viabilidade pupal de 76,5%. Os frutos da lobeira são um importante hospedeiro para drosofilídeos. As espécies encontradas, mesmo sendo consideradas exóticas, representam um relevante registro para região de transição Cerrado-Mata Atlântica, para o Estado do Mato Grosso do Sul.

Palavras chaves: *Drosophila*, espécies exóticas, Neotropical, *Solanum lycocarpum*, transição Cerrado-Mata Atlântica.

Drosophilidae breeding sites (Insecta: Diptera) in Lobeira fruits

Abstract: Fruits are considered one of the most used sites of development until adulthood by Drosophilidae. The aim of this study was to know which drosophilid species use the fruits of lobeira *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae) as their larvae development site, on a fragment of a transition Secondary Forest of Cerrado-Atlantic Forest. The aim of this study was to know the drosophilid species that use the fruits of lobeira *S. lycocarpum* as their larvae development site, on a fragment of secondary forest of Cerrado-Atlantic Forest transition. The *S. lycocarpum* fruits were collected weekly during the ripening period, weighed, measured the longitudinal diameter and subsequently stored individually in plastic containers. Each container were examined daily in order to check the emergence of drosophilids. Adults that emerged were stored in flasks with 80% alcohol and sent to identification. We calculated the proportion of fruits, larvae density, pupae infestation/kg of fruit and pupae/fruit and also the pupal viability. Three exotic drosophilid species were found, and *Drosophila simulans* Sturtevant 1919 was the species with the highest number of representatives. The emergency rate recorded was 78,7% and an average of $8,8 \pm 3,42$ flies per fruit. The infestation rate of pupae/kg of fruit was 186,9, with 76,5% of pupal viability. The lobeira fruits are an important host for drosophilids. The species found in this work, although considered exotic, represent a relevant record to Cerrado-Atlantic Forest transition region, for Estate of Mato Grosso do Sul.

Keywords: *Drosophila*, exotic species, Neotropical, *Solanum lycocarpum*, Cerrado-Atlantic Forest transition.

Introdução

A família Drosophilidae possui cerca de 4000 espécies descritas distribuídas por todas as regiões biogeográficas, exceto na Antártica. Algumas delas (menos de 1%) são cosmopolitas e estão relacionadas à presença antrópica, enquanto a maioria das demais espécies são endêmicas (Bachli, 2013). Em toda a Região Neotropical foram registradas 910 espécies dessa família, pertencentes a 32 gêneros, sendo *Drosophila* o mais rico, com 440 espécies (Brake & Bachli, 2008).

O hábito alimentar desses organismos é bastante diverso: algumas espécies se alimentam e ovipositam em frutos (Freire-Maia & Pavan, 1949), flores, fungos carnosos, entre outros (Carson, 1971). Assim, etapas críticas do ciclo de vida dos drosofilídeos, considerando as fases de ovo, larva e pupa, ocorrem em recursos efêmeros e fragmentados, principalmente a fase larval quando os indivíduos estão sujeitos à competição em relação ao recurso alimentar (Grimaldi & Jaenike, 1984; Inouye, 1999).

Dentre a diversidade de nichos possíveis, os frutos são os locais mais utilizados por esse grupo de insetos como sítios de desenvolvimento até a fase adulta (Carson, 1971), sendo que nas regiões tropicais esses organismos encontram uma oferta quase que ilimitada de frutos disponíveis (Bonorino & Valente, 1989; Vilela, 2001).

Os frutos da lobeira *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae) são exemplos de sítios de desenvolvimento das larvas de drosofilídeos (Leão & Tidon, 2004). A espécie encontra-se distribuída em toda Região Tropical e Subtropical do Brasil e é muito comum no Bioma Cerrado, em vegetações do tipo Campo Sujo, Cerrado e Cerradão (Oliveira Junior et al., 2003), apresenta porte arbustivo, entre 2 a 5m de altura, com tronco retorcido, folhas espinhosas, ásperas, e frutos comestíveis (Chang et al., 2002).

Frutos carnosos como os da lobeira (Motta et al., 2002), são geralmente os mais utilizados por drosofilídeos tropicais para oviposição, pois propiciam condições adequadas e recursos alimentares essenciais para o desenvolvimento larval, sendo um local propício para o desenvolvimento, mesmo em estações com estresse hídrico (Pipkin, 1965; Leão & Tidon, 2004).

O comportamento de oviposição pode ser inclusive dependente do contexto, com a escolha de locais mais ou menos nutritivos, de acordo com os custos para a sobrevivência da prole (Schwartz et al., 2012). Dessa forma, espécies vegetais que

produzem frutos grandes e abundantes são de extrema importância para a manutenção das assembleias de drosofilídeos (Leão & Tidon, 2004).

Levando em consideração que para a Região Neotropical há poucas informações relativas aos recursos utilizados para o desenvolvimento de drosofilídeos (Blaunch & Gottschalk, 2007; Valadão et al., 2010) este trabalho objetivou conhecer quais as espécies de drosofilídeos utilizam os frutos de *S. lycocarpum* como sítio de desenvolvimento de suas larvas, em um fragmento de Floresta Secundária de transição Cerrado-Mata Atlântica.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em fragmento de floresta secundária, na área rural do Município de Ivinhema, Mato Grosso do Sul (22°16'43"S; 53°48'47"O). O fragmento é composto por vegetação resultante dos processos de regeneração, uma vez que a floresta primária foi retirada para o plantio de eucalipto e com o corte dos mesmos, as espécies nativas recolonizaram a área. Nesse fragmento encontram-se manchas com fisionomia de Cerradão e de Mata Atlântica. O clima da região é do tipo subtropical, oscilando de úmido a subúmido (Zavattini, 1992).

Coleta de frutos: Os frutos da lobeira foram coletados semanalmente no período de setembro a novembro de 2014, durante o pico de amadurecimento, acondicionados em sacos plásticos e encaminhados ao Laboratório de Biologia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), em Ivinhema, Mato Grosso do Sul, Brasil, onde foram removidos os organismos potencialmente capazes de danificar os drosofilídeos, como as formigas. Os frutos foram pesados, aferido o diâmetro longitudinal, e armazenados individualmente em recipientes plásticos contendo areia umedecida e esterilizada em estufa.

Cada recipiente foi verificado diariamente quanto à emergência de adultos de drosofilídeos, até 30 dias a partir da data de coleta, ou até 15 dias após a emergência do primeiro adulto, a fim de evitar a sobreposição de gerações (Brncic & Valente, 1978).

Os adultos que emergiram foram recolhidos com um aspirador entomológico, armazenados em frascos com álcool 80% e, posteriormente, encaminhados ao Laboratório de Ecologia de Insetos (LBEI) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), no estado do Rio Grande do Sul, para a identificação.

Análise estatística: A proporção de frutos colonizados foi quantificada em razão

da taxa de emergência de moscas, enquanto a densidade de larvas nesses sítios de criação foi calculada baseando-se no número médio de moscas que emergiram. A infestação foi calculada pela fórmula: $I = n^\circ \text{ de pupas/kg de fruto}$ e $I = n^\circ \text{ de pupas/fruto}$ (Nascimento et al., 1984), enquanto que a viabilidade pupal foi calculada pela porcentagem de pupas que originaram adultos (Lixa et al., 2009).

Foram realizados testes de Correlação de Pearson, com nível de significância de 5% (Ayres et al., 2007) para verificar a existência de correlação entre o número de indivíduos de drosofilídeos que emergiram, o diâmetro e a massa dos frutos da lobeira.

Resultados e Discussão

Dos 150 frutos coletados, emergiram drosofilídeos de 118, totalizando 1038 indivíduos (490 machos e 548 fêmeas). Portanto, a taxa de emergência registrada foi de 78,7%, com uma média de $8,8 \pm 3,42$ moscas por fruto. A taxa de infestação de pupário/kg de frutos da lobeira foi de 186,9 pupas, com viabilidade pupal de 76,5%.

Drosophila simulans Sturtevant 1919 foi a espécie mais frequente com 52,3%, seguida de *Drosophila melanogaster* Meigen 1830 com 47,4% e *Drosophila repleta* Wollaston 1858 com 3% dos indivíduos (Figura 1).

Observou-se que as três espécies de drosofilídeos podem infestar um mesmo fruto de lobeira, porém, a espécie predominante foi *D. simulans* com infestação de 51,7% dos frutos, seguida por *D. melanogaster* (44,9%) e *D. repleta*, que esteve presente em apenas 3,4% dos frutos (Tabela 1). Outros trabalhos também relataram *D. simulans* como a espécie mais infestante (Sene et al., 1980; Tidon-Sklorz & Sene, 1992)

Em *Solanum nigrum* foi relatada a emergência de drosofilídeos em 27% dos frutos coletados (Brcic & Valente, 1978), enquanto que em estudo de sítios de criação de drosofilídeos no Cerrado foram identificadas 13 espécies em frutos de lobeira, mas também com menor porcentagem de infestação (59%) (Leão & Tidon, 2004) que a registrada no presente estudo (78,7%). Apesar disto, Leão e Tidon (2004) não registraram a presença de *D. melanogaster* e *D. simulans*, as espécies mais frequentes neste estudo.

O tamanho do fruto parece representar um fator relevante, sugerindo que quanto maior o fruto, maior a taxa de infestação, visto que houve correlação positiva significativa com o diâmetro do fruto para densidade de *D. melanogaster* e para *D.*

simulans, a qual também apresentou-se significativamente correlacionada com a massa do fruto (Tabela 3).

Estudos apontam que mesmo que a abundância de indivíduos aumente com o peso do fruto, a densidade populacional tende a diminuir, minimizando o impacto que cada indivíduo experimenta ao dividir espaço com um competidor (Woodcock et al., 2002; Hutton & Giller, 2004). Em apenas 22,3% dos frutos transferidos para o laboratório não foram registradas emergências de drosofilídeos, reforçando a hipótese de que os frutos de *S. lycocarpum* representam um recurso potencial para desenvolvimento larval desses organismos, no auge do seu período de maturação.

Não ocorreu diferença na proporção entre machos e fêmeas que emergiram, gerando uma razão sexual de 1:1 (Tabela 2), o que indica uma uniformidade no número dos indivíduos de cada sexo. Apesar disso, observou-se que a emergência dos adultos foi semelhante para todas as espécies amostradas, com as fêmeas emergindo primeiro que os machos.

As três espécies registradas são consideradas introduzidas (Dobzhansky & Pavan 1950; Knab 1912; Sene et al. 1980,). Estas espécies, por suas vantagens competitivas e favorecidas pela ausência de inimigos naturais têm capacidade de se proliferar e invadir ecossistemas, sejam eles naturais ou antropizados (Pimentel et al. 2001).

Estudos realizados no Brasil apontam que *D. simulans*, juntamente com outras espécies exóticas como *D. melanogaster* e *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 são bem sucedidas em áreas de vegetações abertas e antropizadas (Tidon et al., 2003; Gottschalk et al., 2007), como é o caso da vegetação do fragmento estudado.

Ambientes perturbados promovem uma rápida proliferação de espécies exóticas em detrimento das nativas, pois essas espécies são beneficiadas pela degradação ambiental e são bem sucedidas em ambientes alterados (Pimentel et al., 2001), indicando que espécies nativas que ocupavam esse nicho podem ter sido eliminadas ou tiveram sua população bastante reduzida durante o processo de fragmentação, favorecendo a predominância das espécies exóticas.

Essas alterações no habitat podem causar modificações nos fatores abióticos, tais como umidade, pluviosidade, temperatura e insolação, que influenciam na taxa de sobrevivência das populações de drosofilídeos, pois, afetam algumas características vitais das espécies tais como: viabilidade, fertilidade e o tempo de desenvolvimento

(Pavan, 1959; Powell, 1997). Assim, as variações no tamanho de populações naturais de *Drosophila* podem ser influenciadas por mudanças climáticas locais (Dobzhansky & Pavan, 1950).

Das espécies introduzidas na Região Neotropical, *D. simulans* é a que melhor se adaptou às diferentes fitogeografias, principalmente em áreas abertas (Perondini et al., 1979). A espécie *D. melanogaster* é considerada abundante em ambientes mais urbanizados (Tidon, 2006; Gottchalk et al., 2007), assim como *D. simulans* (Gottschalk et al., 2007; Garcia et al., 2012).

Estas espécies exóticas podem afetar a abundância de drosofilídeos nativos por competição (Tidon et al., 2003; Macdougall & Turkington, 2005) e, em fragmentos florestais perturbados, espécies exóticas com hábitos generalistas são mais comuns (Mata et al., 2008; Crooks et al., 2011) devido à grande aptidão para explorar recursos (Leão & Tidon, 2004; Valadão et al., 2010), o que poderia explicar a ausência de registro de espécies nativas utilizando os frutos da lobeira como sítio de criação de suas larvas na área de estudo, onde a vegetação nativa vem sendo convertida em áreas agrícolas.

A alta taxa de infestação registrada sugere que os frutos da *S. lycocarpum* podem ser considerados um hospedeiro principal na sua época de frutificação, como fonte de recursos para o desenvolvimento de drosofilídeos, pois, de acordo com Bressan & Teles (1991) e Marchiori et al. (2000), hospedeiros com índice acima de 100 pupários/Kg de frutos, podem ser considerados principais. A lobeira pode produzir flores e frutos durante todo o ano (Tavares et al., 2014), o que deve contribuir para a manutenção da população dessas moscas nas suas áreas de ocorrência.

Conclusões

Os frutos da lobeira são um importante hospedeiro para drosofilídeos, sendo *D. simulans* a espécie predominante nos frutos dessa espécie no fragmento estudado.

Os frutos de *S. lycocarpum* podem contribuir para a manutenção da população desses dípteros nas suas áreas de ocorrência.

A intensa fragmentação da área de estudo poderia explicar a ausência de registro de espécies nativas utilizando os frutos da lobeira como sítio de criação de suas larvas.

Esse trabalho é um registro relevante para região de transição Cerrado-Mata Atlântica, sendo que as espécies referidas (*D. simulans*, *D. melanogaster* e *D. repleta*), mesmo sendo consideradas exóticas, correspondem a novos registros para esta região.

Referências Bibliográficas

- Ayres, M., Ayres-Jr, M., Ayres, D. L., & Santos, A. A. S. (2007). BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. Belém, Sociedade Civil Mamirauá, MCT-CNPq, 364p.
- Bächli, G. (2013). The database on taxonomy of Drosophilidae. TaxoDros. <http://taxodros.unizh.ch/>. Acessado em 19 de junho de 2015.
- Blaunch, M. L., & Gottschalk, M. S. (2007). A novel record of Drosophilidae species in the Cerrado biome of the state of Mato Grosso, west-central Brazil. *Drosophila Information Service*, 90, 90-96.
- Bonorino, C. B. C., & Valente, V. L. S. (1989). Studies on wild and urban populations and breeding sites of *Drosophila nebulosa*. *Revista Brasileira de Biologia*, 49, 771-776.
- Brake, I., & Bächli, G. (2008). World catalogue of insects. Drosophilidae (Diptera). Stenstrup, Apollo Books. 412p.
- Bressan, S., & Teles, M. C. (1991). Recaptura de adultos marcados de *Anastrepha* spp. (Diptera, Tephritidae) liberados em apenas um ponto do pomar. *Revista Brasileira de Entomologia*, 35, 679-684.
- Brcic, D., & Valente, V. L. S. (1978). Dinâmica de comunidades de *Drosophila* que se estabelecem em frutos silvestres no Rio Grande do Sul. *Ciências e Cultura*, 30, 1104-1111.
- Carson, H. L. (1971). The ecology of *Drosophila* breeding sites. Harold Lyon Arboretum lecture. Honolulu: University of Hawaii Press, iv + 28 p.
- Chang, C. V., Felicio, A. C., Reis, J. E. D., Guerra, M. D., & Peters, V. M. (2002). Fetal toxicity of *Solanum lycocarpum* (Solanaceae) in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 81, 265-269.

- Crooks, J. A., Chang, A. L., & Ruiz, G. M. (2011). Aquatic pollution increases the relative success of invasive species. *Biological Invasions*, 13, 165-176.
- Dobzhansky, T., & Pavan, C. (1950). Local and seasonal variations in relative frequencies of species of *Drosophila*. *Ecology*, 36, 34-39.
- Freire-Maia, N., & Pavan, C. (1949). Introdução ao estudo da drosófila. *Cultus*, 5, 2-69.
- Garcia, C. F., Hochmüller, C. J. C., Valente, V. L. S., & Schmitz, H. J. (2012). Drosophilid Assemblages at different urbanization levels in the City of Porto Alegre, State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Neotropical Entomology*, 41, 32-41.
- Gottschalk, M. S., De Toni, D. C., Valente, V. L., & Hofmann, P. R. P. (2007). Changes in brazilian Drosophilidae (Diptera) assemblages across an urbanisation gradient. *Neotropical Entomology*, 36, 848-862.
- Grimaldi, D., & Jaenike, J. (1984). Competition in natural populations of mycophagous *Drosophila*. *Ecology*, 65, 1113-1120.
- Hutton, S. A., & Giller, P. S. (2004). Intra- and interspecific aggregation of north temperate dung beetles on standardised and natural dung pads: the influence of spatial scale. *Ecological Entomology*, 29, 594-605.
- Inouye, B. D. (1999). Estimating competition coefficients: strong competition among three species of frugivorous flies. *Oecologia*, 120, 588-594.
- Knab, F. 1912. *Drosophila repleta* Wollaston. *Psyche* 19:106-108.
- Leão, B. F. D., & Tidon, R. (2004). Newly invading species exploiting native host-plants: the case of the African *Zaprionus indianus* (Gupta) in the fruits of the native

Brazilian Cerrado (Diptera, Drosophilidae). *Annales de la Societe Entomologique de France*, 40, 285-290.

Lixa, A. T.; Silva, J. C.; Almeida, M. M. T. B.; & Aguiar-Menezes, E. L. (2009) Adequabilidade dos ovos de mariposa como alimento para criação de joaninhas afidófagas em laboratório. *Seropédica: Embrapa Agrobiologia. (Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento, 40)*. 23p.

Macdougall, A. S., & Turkingto, N. R. (2005). Are Invasive Species the Drivers or Passengers of Change in Degraded Ecosystems? *Ecology*, 86, 42-55.

Marchiori, C. H., Oliveira, A. M. S., Martins, F. F., Bossi, F. S., & Oliveira, Â. T., (2000). Espécies de Moscas das Frutas (Diptera: Tephritidae) e seus Parasitoides em Itumbiara-GO. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 30, 73-76.

Mata, R. A., Mcgeoch, M., & Tidon, R. (2008). Drosophilid assemblages as a bioindicator system of human disturbance in the Brazilian Savanna. *Biodiversity and Conservation*, 17, 2899-2916.

Motta, S., Guerra, M. O., Peter, V. M., & Reis, J. E. P. (2002). Administração de polvilho de lobeira (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) a ratas lactando: Desenvolvimento físico das crias. *Revista Lecta*, 20, 53-60.

Nascimento, A. S. (1984). Bioecologia e controle de moscas das frutas. *Informativo sociedade brasileira de fruticultura*, 3, 12-16.

Oliveira Junior, E. N., Santos, C. D., Abreu, C. M. P., Corrêa, A. D., & Lopez Santos, J. Z. (2003). Análise nutricional da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) durante o amadurecimento. *Ciência e Agrotecnologia*, 27, 846-851.

Pavan, C. (1959). Relações entre populações naturais de *Drosophila* e o meio ambiente. *Boletim Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo*, 221

(11), 1-81.

Perondini, A. L. P., Sene, F. M., & Mori, L. (1979). The pattern and polymorphism of some *Drosophila simulans* esterases in Brazil. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology*, 8, 263-268.

Pimentel, D., Mcnair, S., Janecka, J., Wightman, J., Simmonds, C., O'Connell, C., Wong, E., Russel, L., Zern, J., Aquino, T., & Tsomondo, T. (2001). Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 84, 1-20.

Pipkin, S. (1965). The influence of adult and larval food habitats on population size of Neotropical ground-feeding *Drosophila*. *American Midland Naturalist*, 74, 1-27.

Powell, J. E. (1997). *Progress and prospects in evolutionary biology: the Drosophila model*. - New York: Oxford University Press, 576 p.

Schwartz, N. U., Zhong, L. X., Bellemer, A., & Tracey, W. D. (2012). Egg Laying Decisions in *Drosophila* are Consistent with Foraging Costs of Larval Progeny. *Plos One*, 7.

Sene, F. M., Val, F. C., Vilela, C. R., & Pereira, M. A. Q. R. (1980). Preliminary data on the geographical distribution of *Drosophila* species within morphoclimatic domains of Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 33, 315-326.

Tavares, P. R. A., Alves-Junior, V. V., & Morais, G. A. (2014). A lobeira (*Solanum lycocarpum* A. St. Hil.) como um significativo elemento para a manutenção da fauna de abelhas polinizadoras de culturas. *Caderno de Agroecologia*, 9, 12.

Tidon, R. (2006). Relationships between drosophilids (Diptera, drosophilidae) and the environment on two contrasting tropical vegetations. *Biological Journal of the Linnean Society*, 87, 133-248.

Tidon, R., Leite, D. F., & Leão, B. F. D. (2003). Impact of the colonisation of

Zaprionus (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the Neotropical Region: 2 years after the invasion. *Biological Conservation*, 112, 299-305.

Tidon-Sklorz, R., & Sene, F. M. (1992). Vertical and temporal distribution of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) species in a wooded area in state of São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 52, 311-317.

Valadão, H., Hay, J. V., & Tidon, R. (2010). Temporal dynamics and resource availability for drosophilid fruit flies (Insecta, Diptera) in a gallery forest in the Brazilian savanna. *International Journal of Ecology*, 2010, 1-7.

Valente, V. L. S., & Araujo, A. M. (1991). Ecological aspects of *Drosophila* species in two contrasting environments in Southern Brazil (Diptera, Drosophilidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 35, 237-253.

Vilela, C. R. (2001). Breeding sites of Neotropical Drosophilidae (Diptera). III. Rotting infructescences of *Philodendron bipinnatifidum* (Aracea). *Revista Brasileira de Entomologia*, 45, 339-344.

Woodcock, B. A., Watt, A. D., & Leather, S. R. (2002). Aggregation, habitat quality and coexistence: a case study on carrion fly communities in slug cadavers. *Journal of Animal Ecology*, 71, 131-140.

Zavattini, J. A. (1992). Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul. *Geografia*, 17, 65-9.

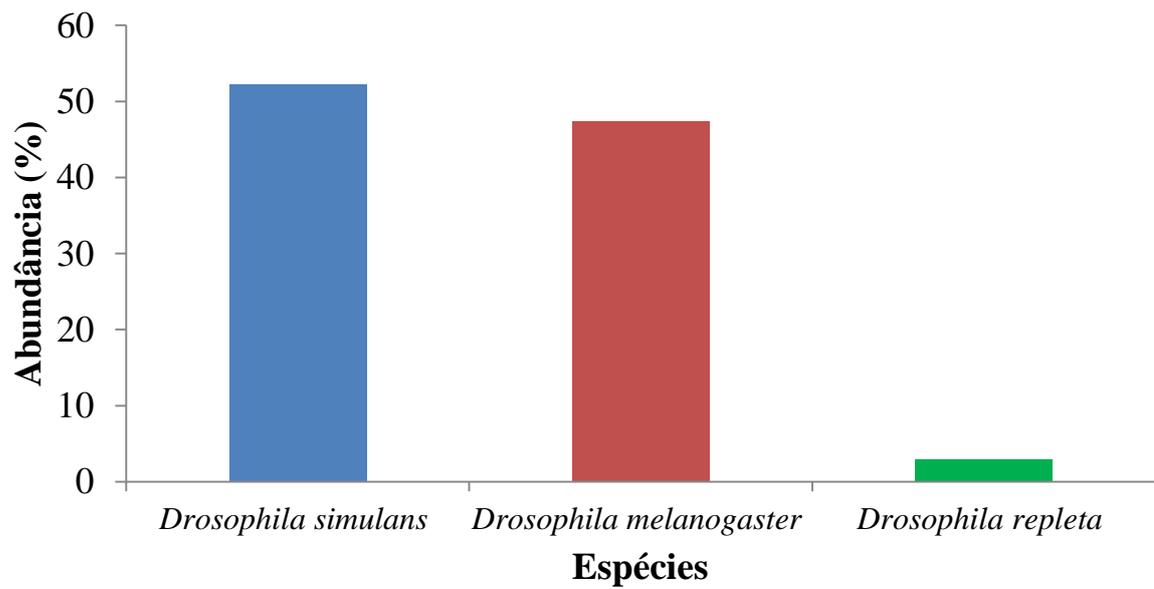


Figura 1. Abundância das espécies de *Drosophila* associadas aos frutos de *Solanum lycocarpum*, em fragmento florestal do Município de Ivinhema - MS.

Tabela 1. Índice de infestação de drosofilídeos que emergiram dos frutos e em relação ao Kg de fruto de *Solanum lycocarpum* em Ivinhema-MS, Brasil.

Espécies	Índice de infestação/fruto	Índice de infestação/Kg de fruto	Nº frutos infestados
<i>D. melanogaster</i>	3,93	64,11	59
<i>D. repleta</i>	0,26	4,28	9
<i>D. simulans</i>	4,60	75,03	82

Tabela 2. Média, desvio padrão, e razão sexual de drosofilídeos que emergiram dos frutos de *Solanum lycocarpum* em Ivinhema - MS, Brasil.

Espécies	Machos	Fêmeas	Razão sexual
<i>D. melanogaster</i>	1,91±2,46	2,01±2,59	0,51
<i>D. repleta</i>	0,11±0,48	0,15±0,68	0,58
<i>D. simulans</i>	2,12±2,62	2,47±2,68	0,53

Tabela 3. Correlação entre o número de indivíduos de drosofilídeos que emergiram e o diâmetro e massa dos frutos de *Solanum lycocarpum* em Ivinhema-MS, Brasil (r = Teste de Correlação de Pearson).

Espécies (Número de indivíduos)	Diâmetro do fruto		Massa do fruto	
	r	p	r	p
<i>D. melanogaster</i>	0,1778	0,0539	0,1262	0,1732
<i>D. repleta</i>	-0,0833	0,3699	-0,1092	0,2390
<i>D. simulans</i>	0,2212	0,0160	0,2681	0,0033

Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade

Anexos

Anexo I: Revista Interciência

Normas de Colaboración

INTERCIENCIA es una revista multidisciplinaria cuyos temas prioritarios son Agronomía y Bosques Tropicales, Alimentos y Nutrición, Ciencias del Mar y de la Tierra, Educación Científica, Ecología y Problemas Ambientales, Energía, Estudio y Sociología de la Ciencia, Política Científica, Recursos Renovables y No Renovables, Salud y Demografía, Tierras Aridas, Transferencia de Tecnología.

INTERCIENCIA publica Artículos, Ensayos y Comunicaciones originales, preferentemente en las áreas prioritarias de la revista, escritos en idioma español, inglés o portugués. También podrán publicarse Cartas al Director que traten temas de interés o comenten trabajos de números ya publicados.

INTERCIENCIA está incluida en los más importantes índices internacionales. El contenido de las contribuciones es de la entera responsabilidad de los autores, y de ninguna manera de la revista o de las entidades para las cuales trabajan los autores. Se entiende que el material enviado a INTERCIENCIA no ha sido publicado ni enviado a otros órganos de difusión cualquiera sea su tipo.

Artículos: Son trabajos originales de investigación, experimental o teórica, o revisiones de un tema prioritario de la revista, no previamente publicados y dirigidos a una audiencia culta pero no especializada, y su extensión tendrá un máximo de 25 cuartillas. Deberá incluirse un resumen de hasta una página a doble espacio (250 palabras), así como un breve curriculum vitae de hasta 8 líneas de cada uno de los autores.

Ensayos: Tratarán preferiblemente sobre un tema prioritario de la revista. Podrán tener una extensión de hasta 25 cuartillas. Deberá incluirse un resumen y curricula vitarum de los autores, con características similares a los de los artículos. 87

Comunicaciones: Son reportes de resultados originales de investigaciones en cualquier campo de las ciencias básicas o aplicadas, dirigidas a una audiencia

especializada. Podrán ser de hasta 15 cuartillas y escritas en idioma inglés, español o portugués, aunque se recomienda el uso del primero para facilitar la difusión de los resultados. Deberá incluirse un resumen de aproximadamente media cuartilla (125 palabras). En todos los casos, tanto el título del trabajo como el resumen deberá ser enviado en los tres idiomas de la revista, de ser posible, y se incluirán hasta cinco palabras clave. Todas las páginas, tamaño carta, deberán estar escritas a doble espacio, con fuente 11 o 12, y numeradas consecutivamente.

Tablas y figuras: Deberán ser numeradas en romanos y arábigos, respectivamente, ser legibles, concisas y claras, y enviadas en hojas separadas. Los textos correspondientes se incluirán al final del trabajo.

Citas bibliográficas: Las citas deberán hacerse señalando en el texto el apellido del primer autor seguido por el del segundo autor o por et al. si fueran más de dos autores, y el año de publicación. Por ejemplo: (Pérez, 1992), (Da Silva y González, 1993), (Smith et al, 1994). Las referencias serán listadas al final del artículo en orden alfabético, e incluirán autores (así: Rojas ER, Davis B, Gómez JC), año de publicación en paréntesis, título de la obra o trabajo citado, en itálicas el nombre y volumen de la publicación, y páginas. Las comunicaciones personales irán sólo en el texto, sin otra indicación que el nombre completo del comunicador. Las notas al texto, si las hubiere, irán al final del trabajo, antes de las referencias.

Cargo por página: Debido a los altos costos de producción se solicitará de los autores el pago, de ser posible, de un cargo por página. Tal posibilidad de pago no condicionará de ninguna manera la aceptación y publicación del trabajo, lo cual estará dado por los méritos del mismo. En los casos de textos con extensión excesiva, figuras o tablas de tamaño excepcional, o reproducciones a color, se establecerá un monto a pagar.

Todos los artículos y comunicaciones serán enviados a árbitros externos para ser evaluados. Para facilitar el arbitraje, los autores deberán enviar una lista de seis posibles 88 árbitros con sus respectivas direcciones y, de ser posible, dirección de correo electrónico. Los manuscritos deberán ser enviados por duplicado y, adicionalmente, en un disquete preparado en Word para Windows, indicando la versión utilizada, a:

Anexo II: Sociobiology

Manuscript

Preparation Instructions

Front page

Please strictly obey the sequence below.

a) Running title, maximum of 60 characters (including letters, punctuation, and spaces between words)

b) Manuscript type ("article", "review", "short note")

c) Title: concise and clearly identifying the connection between the main idea and the variables or scientific problem discussed in the paper. Capitalize first letters of each word, except for prepositions (at, by, with, from, and, to).

d) Author(s) name(s) should be centerjustified

below the title using small capital letters. Only initials of the first and middle names of authors shall be provided, followed by the family names in full. Names of different authors are separated by commas, without the use of "and" or "&" (Examples: RJ GUPTA; LG SIMONS, F NIELSEN, SB KAZINSKY)

e) Affiliation, containing: institution, town and country. Do not provide full postal address.

f) Keywords: provide a maximum of 6 keywords. Do not repeat words from the title here.

g) Corresponding author: provided full postal address plus email.

Page

Abstract

The abstract must be easy to understand and not require reference to the body of the article. Please make sure the main contribution of the paper is presented clearly in the abstract. The text must not contain any abbreviations or statistical details. Type

ABSTRACT followed by a hyphen and the text. The abstract must be one paragraph long and not exceed 250 words.

Main Text

Introduction - Sociobiology strongly recommends to make explicit here the hypothesis being tested.

Material and Methods - This section must provide enough information for the research to be replicated. Please include the statistical design and methods, if necessary, the name and version of the software used for analysis.

Results mean values must be followed by the mean standard error and the number of observations. Units of measurement must be separated from the value by a blank space (e.g., 10 cm, 25 kg/m). Present p values in lower case (e.g., $p < 0.05$). For extra guidance on statistics and measures notation see:

<http://users.sussex.ac.uk/~grahamh/RM1web/APA%20format%20for%20statistical%20notation%20and%>

Discussion – here it is strongly recommended that you focus on how the results contribute to the advancement of the scientific knowledge in the specific subject area, and preferably, beyond it. Make sure you express clearly whether or not the working hypothesis was accepted and what analysis give support its acceptance or refutation.

Acknowledgments

The text must be concise and contain the recognition to people first (including "anonymous referees"), and then institutions and/or sponsors.

References – Its mandatory to include DOI numbers if available for the cited paper. Most articles published in the 2000's have a DOI number. Effective on August of 2016, journal names must be types in full (not abbreviated) in all references.

A maximum number of 50 references is acceptable (except for Reviews).

Under the section title, type the references, in alphabetical order, one per paragraph, with no space between them.

The authors' family names are typed first in full, followed by capital initials, followed by period.

Use a comma to separate the names of authors.

Add the reference year after the authors' family name, between parentheses. Journal names in full.

Do not cite monographs, partial research reports, abstracts of papers presented at scientific meetings, dissertations, theses, and extension materials.

Examples of reference style:

Book

Hölldobler, B. & Wilson, E.O. (1990). *The Ants*. Cambridge: Harvard University Press, 732 p

Chapter or article in an edited book

Cushman, J.H. & Addicott, J.F. (1991). Conditional interactions in antplant herbivore mutualisms. In C.R. Huxley & D.F. Cutler (Eds.), *Antplant interactions* (pp. 92103). Oxford: Oxford University Press.

References retrieved from web address

Bolton, B. (2011). Catalogue of species group taxa. <http://gap.entclub.org/contact.html>. (accessed date: 1 August, 2016).

Journal article

Matsuura, K., Himuro, C., Yokoi, T., Yamamoto, Y., Vargo, E. L. & Keller, L. (2010). Identification of a pheromone regulating caste differentiation in termites. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 107: 1296312968. doi: 10.1073/pnas.1004675107

The issue number should be indicated only if each issue of a journal begins on page 1.

Capitalise only the first letter of the first word of an article title and subtitle, and any proper nouns.

Capitalise the first letter of every main word in the journal title (reminder: journal title in full).

Include a digital object identifier (DOI) if available

Journal article, if published only online

Liu, N., Cheng, D.M., Xu, H.H. & Zhang, Z.X. (2011). Behavioral and Lethal Effects of α -terthienyl on the Red Imported Fire Ant (RIFA). Chinese Agricultural Science, 44: 48154822. Retrived from: http://211.155.251.135:81/Jwk_zgnykx/EN/Y2011/V44/I23/4815

Group or organisation as author

Organisation Name. (Year). Details of the work as appropriate to a printed or electronic form.

Authors contribution

Please clearly present each coauthors' contribution to the study. As a matter of pursuing ethics standards in scientific publication, Sociobiology follows the guidelines of the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) for definition of authorship and contributorship.

See: <http://www.icmje.org/recommendations/browse/rolesandresponsibilities/definingtheroleofauthorsandcontributors.html>

Please note that acquisition of funding or the provision of space, providing published data or materials, or general supervision of the research group alone does not justify authorship.

Preparation of Tables

Tables must be placed separately, one per page, after the References section. Please number tables consecutively with Arabic numbers at the same order they are referred to in the text. Footnotes must have call numbers. Use the word "Table" in full in the text (example: Table 1).

Be careful on correctly aligning variables and respective values in columns and lines.

Example of a table title:

Table 1. Frequency of the four types of ovaries within the colonies of *Angiopolibia pallens*.

Preparation of figures

Insert the list of figures after the tables. Use the abbreviation "Fig" in the titles and in the text (such as Fig 3). In order to ease the editing work and produce a neat layout for the articles, please prepare the figure files according to the following guidelines:

Prepare figures in TIF format, with at least 300 dpi of resolution. It is the better format for the quality of your published work. However, exceptions to this format can be discussed with editors if necessary.

In the editing process small figures will be set as a one column object (Sociobiology articles are edited in two columns layout). Please produce small figures with a width size of 86.5 mm, while the height can be up to 210 mm.

In the editing process large figures will be set as an object placed over two columns. Please produce large figures with a width size of a maximum of 179 mm, while the height can vary up to 85 mm for a one third page, 120 mm for a half page or 185 mm for a two third page figure.

Please use appropriate font size for axis or box legends and values in order to assure good resolution for text in the figures. If axis or box legends are too extensive and require small font size for full typing, create abbreviations for the variables and refer to the variables full text as figure foot notes. A font size between 9 and 12 pt for the fonts Times New Roman or Calibri can yield a good resolution for figure text (followed the width and heights suggested above).

Intext Citations

Scientific names

Write the scientific names in full, followed by the author's family name, when they are first mentioned in the Abstract as well as in the body of the text, e.g.: *Polistes canadensis* (L.). Use the abbreviated generic name (e.g.: *P. canadensis*) in the rest of the manuscript, except in tables and figures, where the species name shall be typed in full.

One author

When you refer to a single author, include the author's family name and year of publication, using one of the forms shown here.

Ginsberg (2005) argues that local diversity of bees is driven by species selection from a regional diversity pool. Or Local diversity of bees is driven by species selection from a regional diversity pool (Ginsberg, 2005).

Multiple authors

For two authors, include the family names of both authors and year.

According to Smith and Velasquez (2009) chaparrals are a source of endemism for ants in the Venezuelan Andes. Or Chaparrals are a source of endemism for ants in the Venezuelan Andes (Smith & Velazquez, 2009).

Use 'and' when family names are outside parentheses; use '&' when family names are inside parentheses. In the case of three or more authors, cite first authors' family name, plus 'et al.' and the year.

Multiple references

If more than one reference has to be cited, follow the chronological order of publication, separated with semicolons (for example: Xia & Liu, 1998; Saravanah, 2003; Balestreri, 2006; Ustachenko et al., 2010). Use 'and' when family names are outside parentheses; use '&' when family names are inside parentheses.

Secondary source

Sociobiology strongly recommends to not use secondary source (i.e., citations referring to one author (secondary) who cites another (primary)).

Article or chapter in an edited book

If a chapter or article written by a contributor author to an edited book has to be cited, acknowledge the author of the chapter or article. This author is cited in text (that is, in the body of the paper) in the same way as for one or more authors.

Group or organization as author

Whenever the author is a government agency, association, corporate body or the like, which has a familiar or easily understandable acronym, it is cited as follows:

The reduction of air born polluting particles in Cleveland resulted in the increase of bee species richness in park areas in the 1990's (Environmental Protection Agency [EPA], 2006).

Note: The entry in the reference list is under Environmental Protection Agency.

Personal communication

Personal communications are understood as letters, emails, personal interviews, telephone conversations and the like. They must be in text only and are not included in a reference list.

J. Ahmed (personal communication, May 11, 2010) indicated ...

... (L. Stainer, Senior Researcher, Social Insects Study Centre, personal communication, June 4, 2009).

Anexo III: Caderno de Agroecologia

Resumo: Resumo de até 250 palavras, em fonte Arial, corpo 11pt, normal, com alinhamento justificado e espaçamento simples entre linhas. O texto deve iniciar-se na linha à frente do item, ser claro, sucinto e, obrigatoriamente, explicar o(s) objetivo(s) pretendido(s), procurando justificar sua importância (sem incluir referências

bibliográficas), os principais procedimentos metodológicos adotados, os resultados mais expressivos e conclusões.

Palavras-chave: mínimo de três e máximo de seis palavras-chave necessárias ao sistema de busca e indexação. Não repetir palavras que estejam no título. As palavras-chave deverão ser separadas por vírgula. Fonte Arial, corpo 11pt,

Por favor, deixe dois espaços para iniciar outro item.

Abstract: Tradução do resumo para o inglês. Máximo de 250 palavras, em fonte Arial, corpo 11pt, com alinhamento justificado e espaçamento simples entre linhas.

Keywords: Tradução das palavras-chave para o inglês. Fonte Arial, corpo 11pt, com alinhamento justificado e espaçamento simples entre linhas.

Por favor, deixe dois espaços para iniciar outro item.

Introdução

Por favor, quando enviar o trabalho use esse modelo, que já está configurado (fontes, tamanho de letras, parágrafos, margens). Tamanho de papel A4 (210 x 297 mm), margens superior, inferior, esquerda e direita conforme as normas estabelecidas.

Favor deixar um espaço entre cada frase

Como se trata de artigo, o texto completo deve conter no mínimo 6 e máximo 12 páginas, com espaçamento simples entre as linhas.

Serão aceitos textos nos idiomas português, espanhol ou inglês. Por favor, grave seu documento para submissão em formato Microsoft Word (.doc).

Por favor, deixe dois espaços para iniciar outro item.

Metodologia

Por favor, deixe dois espaços para iniciar outro item.

Conclusões

Resumir os principais resultados, com objetividade, não sendo permitidas repetições extensivas de resultados e discussões.

As conclusões devem ser sumarizadas na forma de itens, através de frases curtas.

Por favor, deixe dois espaços para iniciar outro item.

Agradecimentos (opcional)

Inseri-los, se for o caso, após as conclusões. **Opcional.**

Por favor, deixe dois espaços para iniciar outro item.

Referências bibliográficas

Devem incluir apenas as mencionadas no texto e em tabelas, gráficos, fotos ou imagens, aparecendo em ordem alfabética e em letras maiúsculas. Evitar citações de resumos, trabalhos não publicados e comunicação pessoal. As referências no texto devem também aparecer em letras maiúsculas. A apresentação segue as normas da ABNT – NBR 6023 (2002), conforme exemplos a seguir.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS.
Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5^a
Aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

DDDDDDDDDD, M. R. **As dimensões da sustentabilidade**: um estudo da agricultura orgânica na região metropolitana de Curitiba, Paraná. 2000. 310 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal de Paraná, Curitiba. 2000.

JJJJJJJ, M. A.; TTTTTTTTTT, G. H. Conceitos e experiências em agricultura sustentável. In: PERT, R. C. M. **Agricultura Sustentável**. Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003. v. 2, p. 1-106. (Série Engenharia Agrícola).

MMMMMMM, A. C.; QQQQQQQQ, M. A. A construção da segurança alimentar sob o olhar quilombola: a experiência em Mostarda/RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 5, 2007, Guarapari. **Anais...** Guarapari: Associação Brasileira de Agroecologia, 2007. 1 CD-ROM.

PPPPPPPP, L. L.; OLIVEIRA, M. S. D.; PEREIRA, G. F. D.; TIBURCIO, D. E.; SALES, D. F. G. Desarrollo agroecológico de la adopción de tecnologías y la extensión para la sanidade vegetal en los sistemas agrários de Cuba. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 3, n. 1, p. 3-12, 2008. Todos os autores devem ser referenciados.

SSSSSSSSSSSS, M. S.; RRRRRRRRRR, C. N. **O meio ambiente e a saúde** (2001). Disponível em: <http://www.ambiente.com.br/artigos/saude.html>. Acesso em: 1 mai. 2016.

ANEXO IV: Bragantia

Authors should type in the "Comments to the Editor" a cover letter presenting the work and explaining the main contribution to the Agricultural Sciences. The letter should indicate that the work was not submitted for publication elsewhere.

Articles and reviews should not exceed 25 double-spaced pages (A4 paper with margins of 3 cm, font Times New Roman size 12, pages and lines numbered sequentially), including tables and figures. The Research Notes should not exceed 12 pages, including tables and figures.

The text should be typed into the Word (Microsoft) program and double-spaced. The main divisions of the text (Introduction, Methods, Results and Discussion and Conclusions) should be in uppercase and bold. Scientific notes do not have divisions.

The title of the manuscript must reflect the content of the work and should not have subtitles, abbreviations, formulas or equations and symbols. The scientific name must be indicated in the title only if the species is unknown.

The names of the authors and co-authors should be included in the online system in the same order they appear in the final work. Please, do not indicate the authorship of the work in the text of the manuscript.

The abstract must have the goal of the research clearly and concisely, the methods briefly and the most relevant results and conclusions. The abstract should not exceed 250 words with short sentences with complete connection with each other. It must not contain references.

The key words should not repeat title words and should include the scientific name of species. Words must be separated by a comma and begin with small letters, **including the first term**. The authors should present from 3 to 6 terms, considering that a term may be composed of two or more words.

The **Introduction** should have no more than two pages. It should include the rationale for conducting the work, placing the importance of the scientific problem. The information contained in the Introduction should be sufficient to clearly establish the hypothesis of the research. The authors should cite recent studies published in scientific journals, but the citation of classical works is accepted. In the last paragraph of the Introduction, the authors must submit a scientific hypothesis and the objective of the study, the same as the summary.

Material and Methods should present a description of the experimental conditions and methods used so that there is enough information to repeat the work. Formulas, expressions, or mathematical equations should be initiated to the left of the page. Include references to statistical analysis and report about the transformation of the data. Indication of statistical significance should be as follows: $p < 0.01$ or $p > 0.05$ ("p" in lower case).

In **Results and Discussion**, the authors should present the research results and discuss them in order to relate the variables examined to the objectives of the study. The mere comparison of results with the data presented by other authors did not characterize

the discussion of them. The authors should avoid excessive speculation and the data should not be presented both in tables and figures.

The **Conclusion** must answer the question addressed in the research, confirming or not the hypothesis of the work, according to the objectives. The authors should be aware that the conclusion is not a summary of the main results.

Only the strictly necessary references for the understanding of the article should be cited, we recommend around 25 references to articles and scientific notes. The list of references should begin on a new page.

Citations in the text should always be followed by their year of publication. When two authors are cited, indicate them by the surnames separated by an ampersand “and”; For more than two authors, indicate the first author by the surname followed by the expression “et al.”; if more than one article of the same author(s) in the same year is cited, distinguish them by using lowercase letters; e.g., Huber (1981) or (Huber 1981); Steel and Torrie (1980) or (Steel and Torrie, 1980); Haag et al. (1992) or (Haag et al. 1992); and Haag et al. (1992 a, b).

The following citations will not be accepted: theses, dissertations, personal communications, unpublished reports, and papers published in conference annals.

References are standardized according to the models mentioned below. They should be in alphabetical order of authors and, within this order, in chronological order of works; in the case of two or more authors, separate them by commas and an the word “and between the second last and last authors; indicate the name of all authors, do not use the expression “et al.”; titles of journals should be written in full; include only the works cited in the text, tables and/or figures as follows:

a) Journals

Rais, D. S., Sato, M. E., and Silva, M. Z. (2013). Detecção e monitoramento da resistência do tripés *Frankliniella occidentalis* ao inseticida espinosade. *Bragantia*, 72, 35-40

b) Books and book chapters

Miranda, J. C. C. (2008). Cerrado: *Micorriza arbuscular*, ocorrência e manejo. Planaltina: Embrapa. In case of work involving tillage, the history of the area should be informed.

Not to mention the lab, department, center or university where the research was conducted.

Work related to the chemical control of pests and diseases (with natural and synthetic) and studies involving micro-propagation and tissue culture will not be considered for publication in *Bragantia*. In the case of plant growth regulators, biostimulant and other chemicals, the work must necessarily establish a well-founded hypothesis, and the chemical agent must be used to test the hypothesis and answer the question raised in the article.

Authors should consult recent issue of *Bragantia* to the layout of tables and figures.

In the online submission of work, the names of the author and co-authors must be entered into the System in the same order they appear in the final work. Do not indicate the authorship of the work in the text of the manuscript.

Failure to standards will require the return of work. In case of work involving tillage, the history of the area should be informed.

Not to mention the lab, department, center or university where the research was conducted.

Work related to the chemical control of pests and diseases (with natural and synthetic) and studies involving micro-propagation and tissue culture will not be considered for publication in *Bragantia*. In the case of plant growth regulators, biostimulant and other chemicals, the work must necessarily establish a well-founded hypothesis, and the chemical agent must be used to test the hypothesis and answer the question raised in the article.

Authors should consult recent issue of *Bragantia* to the layout of tables and figures.

In the online submission of work, the names of the author and co-authors must be entered into the System in the same order they appear in the final work. Do not indicate the authorship of the work in the text of the manuscript.

Failure to standards will require the return of work.
Borém, A. and Miranda, G.V. (2009). *Melhoramento de Plantas*. Viçosa: Editora da UFV.

Huber, D. M. (1981). The role of nutrients and chemicals. In M. J. C. Asher, and P. J. Shipton (Eds.), *Biology and control of take-all* (p. 317-341). London: Academic Press.

When absolutely necessary to the understanding of the work, tables and figures should be shown in the text. The table or figure and its respective caption should be self-explanatory. The titles of tables and figures should be clear and complete and include the name (common or scientific) of the species and the dependent variables.

Figures should appear at the end of the text. We considered figures: graphs, drawings, maps and photographs used to illustrate the text. For composite figures, each graph should be marked with the inscription "(a)" in lowercase.

Tables should not have vertical lines and, as the figures, should be placed after the listing of references Figures and tables must be accompanied by its caption, with the units following the International System of Units and positioned at the top of the columns in the tables. The magnitudes, in case of compound units, should be separated by centered dot and an indication of the denominators must be rated in superscript. Examples: ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\text{ s}^{-1}$), [$\text{mg}(\text{g}\cdot\text{MS})^{-1}$]

IMPORTANT RECOMMENDATIONS:

In case of work involving tillage, the history of the area should be informed.

Not to mention the lab, department, center or university where the research was conducted.

Work related to the chemical control of pests and diseases (with natural and synthetic) and studies involving micro-propagation and tissue culture will not be

considered for publication in *Bragantia*. In the case of plant growth regulators, biostimulant and other chemicals, the work must necessarily establish a well-founded hypothesis, and the chemical agent must be used to test the hypothesis and answer the question raised in the article.

Authors should consult recent issue of *Bragantia* to the layout of tables and figures.

In the online submission of work, the names of the author and co-authors must be entered into the System in the same order they appear in the final work. Do not indicate the authorship of the work in the text of the manuscript.

Failure to standards will require the return of work.

Publication costs

The publication fee is R\$ 50.00 per diagrammed page (final format of the journal). This fee is charged only for those manuscripts that publication has been accepted. All other process (e.g. submissions and manuscript evaluations) are free from charges.

ANEXOS V – Artigos publicados (Sociobiology, Interciencia e Cadernos de Agroecologia)

