

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

**FENOLOGIA REPRODUTIVA, BIOLOGIA FLORAL E  
ABELHAS VISITANTES EM *Solanum lycocarpum* A. St. Hil.  
(Solanaceae)**

PAULO ROBERTO DE ABREU TAVARES

**Dourados – MS**

**Março 2014**

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

**FENOLOGIA REPRODUTIVA, BIOLOGIA FLORAL E ABELHAS  
VISITANTES EM *Solanum lycocarpum* A. St. Hil. (Solanaceae)**

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

Área de Concentração: Entomologia

Orientador: Prof. Dr. Valter Alves Vieira Junior

**Dourados – MS**

**Março 2014**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Biblioteca Central da UFGD, Dourados, MS, Brasil**

T231f Tavares, Paulo Roberto de Abreu.  
Fenologia reprodutiva, biologia floral e abelhas  
visitantes em *Solanum lycocarpum* A. St. Hil.  
(Solanaceae) / Paulo Roberto de Abreu Tavares –  
Dourados-MS : UFGD, 2014.  
64 f.

Orientador: Prof. Dr. Valter Vieira Alves Junior.  
Dissertação (Mestrado em Entomologia e  
Conservação da Biodiversidade) Universidade Federal da  
Grande Dourados.

1. Abelhas – Ivinhema-MS. 2. Polinização. 3.  
Lobeira (planta). I. Alves Junior, Valter Vieira. II. Título.


CDD: 595.799

**"FENOLOGIA REPRODUTIVA, BIOLOGIA FLORAL E ABELHAS VISITANTES  
PREDOMINANTES EM *Solanum lycocarpum* (A. ST. HIL) (SOLANACEAE)"**

Por

**PAULO ROBERTO DE ABREU TAVARES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),  
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
**MESTRE EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**  
Área de Concentração: Entomologia



Prof. Dr. Valter Vieira Alves Junior  
Orientador - UFGD



Prof. Dr. João Cloves Stanzani Dutra  
Membro Titular - UEMS



Prof. Dr. Leandro Pereira Polatto  
Membro Titular - UEMS

Aprovada em: 27 de fevereiro de 2014.

## **BIOGRAFIA**

Meu nome é Paulo Roberto de Abreu Tavares, tenho 23 anos, nasci no estado de Rondônia na cidade de Pimenta- Bueno. Sempre estudei em escola pública, e meu interesse pela Ciências Biológicas teve início no primeiro ano do ensino médio. Quando então no final do ano de 2007 prestei vestibular para este curso na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Hoje tenho orgulho em dizer que sou licenciado em Ciências Biológicas por esta universidade. Minha identificação com organismo da Classe Insecta vem desde o início da graduação, quando então comecei a estudar mais profundamente este grupo, dando ênfase principalmente a Ordem Hymenoptera. Desenvolvi como bolsista dois projetos de Iniciação Científica – modalidade avançada, sob orientação do professor Dr. João Cloves Stanzani Dutra, trabalhando com levantamento da Entomofauna em uma área de mata secundária e posteriormente com a polinização da espécie *Cucurbita moschata* em uma área rural, ambos no município de Ivinhema – MS. Atualmente sou mestre em entomologia e conservação da biodiversidade pela UFGD, e juntamente com meu orientador professor Dr. Vater Vieira Alves Junior, estudei os visitantes florais de *Solanum Lycocarpum* (Solanaceae), visando principalmente conhecer seus polinizadores efetivos. Portanto minha linha de pesquisa é biologia floral e comportamento animal. Gosto muito do que faço, e espero que as publicações desta pesquisa resulte em um bom conhecimento científico para contribuir com o manejo de polinizadores da área em estudo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao SENHOR DEUS, pela coragem, força que me guia, vitórias conquistadas e todas bênçãos concedidas, pois a cada dia que passa tenho mais certeza que *Tudo posso naquele que me fortalece* - Filipenses ( 4:13)

À minha família, em especial, minha MÃE Nilda, pelo incentivo e por acreditar na minha capacidade, e meu PAI Gilvan pelo apoio que tem me dado.

Ao Professor Dr. Valter Viera Alves Junior pela excelente orientação, conhecimentos transmitidos e pelo apoio durante a realização deste trabalho e pela contribuição na minha formação profissional.

À Universidade Federal da Grande Dourados.

A CAPES pela bolsa concedida.

Que Deus continue abençoando todos que me apoiaram durante o mestrado.

Obrigado! Sucesso a vocês.

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL .....	i
ABSTRACT .....	ii
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
OBJETIVO GERAL.....	7
HIPOTESIS .....	7
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	8

<b>Cap. 1 - Fenologia reprodutiva, biologia floral e abelhas visitantes em <i>Solanum lycocarpum</i> (A. St. Hil) (Solanaceae) .....</b>	<b>15</b>
RESUMO.....	16
ABSTRACT .....	17
1.INTRODUÇÃO.....	18
2. MATERIAL E METODOS.....	23
2.1. Caracterização da área .....	23
2.2. Biologia floral.....	24
2.3. Fenologia de floração e frutificação .....	26
2.4. Abelhas como visitantes florais .....	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
3.1. Biologia floral.....	28
3.2. Fenologia de floração e frutificação .....	35
3.3. Abelhas como visitantes florais.....	38
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	54
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55

## RESUMO GERAL

Um fator fundamental na produção de grande parte dos vegetais é a polinização, que consiste na transferência do pólen, contendo o gameta masculino da flor, para o estigma, receptáculo feminino, quando este é receptivo. Os objetivos desse trabalho foram, portanto, descrever a biologia floral, a fenologia reprodutiva de *Solanum lycocarpum*, analisar o comportamento de forrageio das abelhas visitantes para a identificação dos polinizadores efetivos da espécie e determinar a influência dos fatores abióticos nas atividades dos mesmos. Para isso 15 indivíduos de *S. lycocarpum* foram monitorados ao longo de um ano. As abelhas visitantes foram coletadas diretamente nas flores, durante 15 minutos de cada hora, enquanto que nos demais 45 minutos foi avaliado o comportamento das diferentes espécies de abelhas. Análises faunísticas foram desenvolvidas para definir as classes de abundância, frequência, constância e dominância das abelhas visitantes. Foram realizados testes de correlação para verificar se as atividades de forrageio das abelhas estavam correlacionadas com os fatores abióticos. Os resultados demonstraram que o longo período que os indivíduos de *S. lycocarpum* permanecem produzindo flores pode ter contribuído com a manutenção de seus polinizadores. As espécies de abelhas classificadas como predominantes polinizaram efetivamente as flores de *S. lycocarpum* por meio de polinização esternotribica. As estruturas das flores (corola e anteras ) atraíram independentemente ou em conjunto, as abelhas. Constatou-se ainda que a morfologia das flores é adequada com o tamanho corporal da maioria das espécies de abelhas visitantes e que os fatores ambientais tiveram pouca influência nas atividades de forrageio das abelhas, ou seja, a frequência de forrageios desses organismos foi influenciada principalmente pela disponibilidade e abundância de pólen nas flores.

**Palavras-chave:** Abelhas, Visitantes florais, Fatores abióticos, Recursos florais, Polinização vibrátil



## GENERAL ABSTRACT

A key factor in the production of a large portion of vegetables is pollination, which consists in the transfer of pollen to the stigma when it is receptive. The aim of this work was to describe the floral biology, reproductive phenology of *Solanum lycocarpum*, analyze the foraging behavior of visiting bees to identify effective pollinators of the species and determine the influence of abiotic factors in their activities. For that 15 individuals of *S. lycocarpum* were monitored throughout a year. The visiting bees were directly collected in the flowers, during 15 minutes of every hour, while in the remaining 45 minutes we evaluated the behavior of the different species of bees. Faunistic analyses were developed to define the classes of abundance, frequency, constancy and dominance of visiting bees. Correlation tests were performed to verify if the foraging activities of bees were correlated with the abiotic factors. Phenological observations were carried out between July 2012 and July 2013, registering the presence of the phenophases of flowering and fructification. The phenology of flowering and fruiting plants was characterized by the period that comprises the production of flower buds, flowering and fruit production until maturation. The results showed that the long period that individuals of *S. lycocarpum* remain producing flowers may have contributed to the maintenance of their pollinators. For each inflorescence observed (n=10) were produced precisely 13 buttons on an average time of  $28.6 \pm 2.7$  days, with an average of  $1.055 \pm 0.136$  open flowers per day. It took  $119.7 \pm 6.7$  days for the full ripening of fruits, considering from the beginning of their development. The bee species classified as predominant effectively pollinated flowers of *S. lycocarpum* by sternotribic pollination. The structures of flowers (corolla and anthers) attracted independently or jointly, the bees. It was also noted that the morphology of the flowers is appropriate with the body size of most species of visiting bees and that environmental factors had little influence on the foraging activities of bees, i.e. the frequency of foraging of these organisms was influenced mainly by the availability and abundance of pollen in the flowers.

**Key words:** Bees, Floral visitors, Abiotic factors, Floral resources, Buzz pollination.

## INTRODUÇÃO GERAL

Um fator fundamental na produção de grande parte dos vegetais é a polinização, que consiste na transferência do pólen, gameta masculino da flor, para o estigma, receptáculo feminino, quando este é receptivo. Cerca de 80,0% dos vegetais superiores necessitam de polinização cruzada (McGREGOR, 1976).

Sendo assim, a polinização se torna um mecanismo primordial para a manutenção da diversidade de plantas nativas e indiretamente, responsável pela existência de outros organismos que dependem dos recursos vegetais produzidos (POTTS et al., 2006; KREMEN et al., 2007).

Os grãos de pólen podem ser transportados até o estigma das flores, pelo vento, pássaros, morcegos, água, homem e, principalmente, pelos insetos (MCGREGOR, 1976).

Estudos relatam que muitas espécies vegetais possuem uma dependência total, para sua reprodução, dos agentes polinizadores. Alguns fatores que impedem a autopolinização, tais como: a disposição das peças florais, amadurecimento do óvulo em épocas diferentes do pólen, presença de flores unissexuais e incompatibilidade morfológica ou genética são responsáveis por essa dependência (GAUDE & CABRILLAC, 2001; NOGUEIRA-COUTO & COUTO, 2006).

Grande parte dos serviços de polinização prestados pelos agentes polinizadores ocorre em espécies vegetais silvestres e está incluso nos chamados serviços de ecossistema (FREITAS & IMPERATRIZ-FONSECA, 2005). No entanto, muitas espécies vegetais de interesse econômico cultivadas comercialmente também apresentam total dependência da atuação de polinizadores, principalmente de insetos, sem os quais não ocorre a polinização e, conseqüentemente, a produção de frutos e de sementes (NOGUEIRA-COUTO et al., 1990).

Embora muitos grupos de insetos sejam conhecidos como polinizadores, às abelhas constituem o grupo mais importante em número e diversidade, em especial quando se trata de regiões tropicais (BAWA et al., 1985; BAWA, 1990), e são consideradas os principais polinizadores da maioria das espécies vegetais em vários ecossistemas naturais (BAWA, 1990; NEFF & SIMPSON, 1993), pois elas são responsáveis por 80% a 90% do processo e conseqüentemente do sucesso reprodutivo das plantas com flores, enquanto que os outros 10% a 20% dependem dos demais

grupos de insetos ou ainda, de outros fatores (NEFF & SIMPSOM, 1993; MICHENER, 2000).

A maior eficiência das abelhas como agentes polinizadores é explicada tanto pelo seu número na natureza, quanto por sua melhor adaptação às complexas estruturas florais como, por exemplo, peças bucais e também corpos, adaptadas para retirar o néctar das flores e coletar pólen, respectivamente (KEVAN & BAKER, 1983; PROCTOR et al., 1996).

Imperatriz-Fonseca et al. (1994), relataram que a íntima associação entre abelhas e flores, provavelmente, teve início há mais de 50 milhões de anos e, desde então, as abelhas dependem das flores para obtenção de substâncias utilizadas na alimentação e outros fins; as plantas são beneficiadas quanto a essa dependência, quando são polinizadas .

Essa interação entre as abelhas e plantas resultou em inúmeras adaptações que garantiu aos vegetais o sucesso na polinização cruzada, o que possibilitou o aumento no vigor das espécies vegetais, com o advento de novas combinações de fatores hereditários, aumentando a produção de frutos e sementes (COUTO & COUTO, 2002).

Suas relações com as espécies vegetais baseiam-se em um sistema de dependência recíproca, onde as plantas fornecem o alimento, principalmente pólen e néctar, e em troca são beneficiadas com a transferência de pólen (KEVAN & BAKER, 1983; PROCTOR et al., 1996).

As modificações da paisagem resultantes das ações antrópicas, vêm sendo consideradas como as principais causa da limitação e declínio dos serviços de polinização (KREMEN et al., 2002; STEFFAN-DEWENTER & WESTPHAL, 2008), pois elas afetam negativamente o comportamento, a riqueza, a composição de espécies e a abundância dos polinizadores (TAKI & KEVAN, 2007; WINFREE et al., 2009) por gerarem redução na oferta de recursos, pela falta de habitats apropriados e por aumentarem o isolamento de ambientes favoráveis (AIZEN et al., 2009). Como consequência, o fluxo de pólen e a reprodução sexuada das plantas são afetados, decorrendo na maioria dos casos, em diminuição da quantidade e qualidade de frutos e sementes produzidas (AGUILAR et al., 2006; CHACOFF & AIZEN, 2006). As plantas nativas também são afetadas pela fragmentação das florestas (AGUILAR et al., 2006), pois sem os agentes transferidores de pólen, muitas delas não conseguem se reproduzir e conseqüentemente, não produzem sementes ou frutos e com isso, outras

populações que delas dependem, também declinam (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012).

Provavelmente são as plantas especialistas que se tornam as mais vulneráveis ao declínio dos polinizadores, por possuírem poucas espécies como agentes da polinização, enquanto plantas com sistema de polinização generalizada podem ser mais resistentes a perda de algumas espécies dos seus agentes polinizadores (BOND, 1994).

Kageyama (1987) salienta que a ausência de um polinizador específico, pela sua interferência no ecossistema, pode ocasionar alteração na estrutura genética da espécie vegetal em questão, ou até mesmo provocar o seu desaparecimento do ambiente.

Essas alterações na estrutura das paisagens também são consideradas as principais causas da limitação dos serviços de polinização em sistemas agrícolas (KREMEN et al., 2002; STEFFAN-DEWINTER & WESTPHAL, 2008).

Estudos relatam que no Hemisfério Norte, já vem sendo criadas propostas para a restauração de paisagens degradadas pelo uso intensivo do solo, a partir de sínteses de estudos sobre a alteração da produtividade em relação aos serviços de polinização em paisagens compostas por manchas de ambientes naturais entremeadas por matrizes agrícolas (KREMEN, 2005; FROUP et al., 2008; DIXON, 2009; LONSDORF et al., 2009).

A competição com espécies introduzidas também vem sendo apontada como outro fator responsável por declínios populacionais de espécies nativas de abelhas (GOULSON, 2003), pois essas espécies podem acarretar diversos efeitos numa comunidade, o que inclui extinções e alterações substanciais na densidade de espécies nativas (PIMM, 1991).

Essa ameaça que os polinizadores vêm sofrendo com todas as modificações da paisagem, vem alerta-nos para a importância no significado da conservação dos mesmos (KEVAN, 1991; KEARNS & INOYE, 1997; CANE & TEPEDINO, 2001; KEVAN & PHILLIPS, 2001), já que o papel funcional dos serviços ecossistêmicos prestados pelos polinizadores é de fundamental relevância na manutenção da biodiversidade e da composição florística no ambiente (KEVAN & VIANA, 2003; BIESMEIJER et al., 2006; KLEIN et al., 2003; POTTS et al., 2010).

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **Polinização de flores com anteras poricidas**

Apesar da maioria das Angiospermas apresentarem anteras com deiscência longitudinal, cerca de 6% a 8% das suas espécies, possuem deiscência poricida (BUCHMANN, 1983).

A retirada de pólen de anteras poricidas, requer uma atividade comportamental especial a ser desenvolvida pelas abelhas, sendo a polinização destas flores denominada de polinização por vibração (BUCHMANN et al., 1977) ou “buzz pollination” (BUCHMANN, 1983), e ocorre em aproximadamente 20.000 espécies de plantas, distribuídas entre 64 famílias de dicotiledôneas e em oito famílias de monocotiledôneas, tendo surgido diversas vezes durante a evolução das Angiospermas (BUCHMANN, 1983). Esse processo de polinização é comumente associado a flores com anteras poricidas, sendo o processo de polinização, realizado por abelhas (BUCHMANN, 1983; BEZERRA & MACHADO, 2003).

As flores polinizadas pelo processo de vibração, são geralmente pendentes, com corolas reflexas que expõem as anteras tubulares de deiscência poricida. Essas flores oferecem pólen em profusão, que frequentemente, é a única recompensa para o polinizador, embora algumas espécies também ofereçam pequenas quantidades de néctar ou de óleo (PROCTOR et al., 1996).

Essas plantas apresentam longos períodos de floração, abundância de flores ao longo desse período, e com a abertura diária de novas flores. A antese ocorre principalmente ao nascer do sol, ou nas primeiras horas da manhã, liberam odores, exibem padrões contrastantes de cor envolvendo o amarelo brilhante, o azul e a absorção da luz ultravioleta, características estas, associadas à síndrome de melitofilia, (BUCHMANN, 1983).

As anteras poricidas apresentam mecanismos de liberação de pólen que restringem a retirada de todos os grãos em uma única visita fazendo com que seja liberada, somente uma pequena quantidade, mas liberando-o continuamente durante um período de tempo, enquanto está em disponibilidade (HARDER & BARCLAY, 1994).

De acordo com Buchmann & Hurley (1978), durante o processo de polinização por vibração, as abelhas utilizam os músculos torácicos para vibrar as anteras e liberar os grãos de pólen. Ao contrair seus músculos torácicos, as vibrações são transmitidas para as anteras através do tórax e das pernas, causando ressonância dentro delas, então os grãos adquirem energia a cinética necessária nos choques com as paredes internas e

entre sí, para serem liberados pelo poro apical das anteras (BUCHMANN & HURLEY, 1978).

A polinização vibrátil é realizada por algumas abelhas fêmeas, que são hábeis na coleta do pólen nas flores, utilizando-se desse mecanismo (BUCHMANN, 1983).

Essas abelhas possuem o músculo indireto do voo desenvolvido, além de tufos de pêlos finos, longos e plumosos na escopa, capazes de coletar, reter e transportar os grãos de pólen pequenos e secos, característicos de espécies da família Solanaceae (BUCHMANN, 1983).

As abelhas apresentam três estratégias para coletar pólen em anteras poricidas, elas podem vibrar, morder ou coletar pólen residual (MICHENER, 1962; WILLE, 1963; BUCHMANN et al., 1977), porém algumas abelhas também coletam os grãos de pólen das anteras poricidas, inserindo a probóscide pelo póro apical da antera, mecanismo conhecido com “ordenha” (WILLE, 1963; TRORP, 2000).

Nunes-Silva et al. (2010), relatam que é frequentemente ser encontrada nas flores que são visitadas por abelhas que fazem a polinização por vibração, marcas necróticas na sua superfície, como consequência da fixação das garras tarsais das abelhas nos estames, para se prenderem.

Algumas espécies de abelhas das famílias Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae e Megachilidae, conseguem realizar a vibração das anteras para a retirada do pólen, e durante esse procedimento comportamental, realizarem a polinização por vibração (MICHENER, 1962; WILLE, 1963; BUCHMANN & HURLEY, 1978; HARTER et al., 2002).

Como as anteras poricidas protegem o pólen e exigem um comportamento de forrageamento especializado por parte do polinizador (PROENÇA, 1992), as abelhas ao abordarem uma flor, se alinham inicialmente na corola da flor, curvam-se em volta ou no ápice do cone de anteras e agarram fortemente os estames e contraem os músculos do tórax, transmitindo as vibrações para as anteras, provocando assim, a liberação dos grão de pólen. Entretanto, não se sabe ainda se esse comportamento de vibrar as anteras é instintivo (BUCHMANN, 1985) ou aprendido durante as primeiras visitas dessas abelhas às flores (MICHENER, 1962).

No setor agrícola, esse mecanismo de polinização é de suma importância para o cultivo de espécies da família Solanaceae (NUNES-SILVA et al., 2010), tais como: o tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), a beringela (*Solanum melongena* L.), o jiló (*Solanun gilo* Raddi), pimentas e pimentões (*Capsicum* spp.), (RAW, 2000).

### **Características gerais de *Solanum lycocarpum***

A lobeira, *Solanum lycocarpum* A. St. Hil., pertence à família Solanaceae, estando 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 antropofizadas, é uma importante espécie pioneira (MARTINS, 2005). Esta família está incluída entre as maiores das Angiospermas com aproximadamente 150 gêneros e 3000 espécies, sendo que no Brasil, ocorrem 32 gêneros e 350 espécies (SOUZA & LORENZI, 2005).

O maior gênero de Solanaceae, *Solanum*, o qual a espécie em estudo esta inclusa, é reconhecido pela presença de anteras poricidas (SOUZA & LORENZI, 2005). Na biologia floral e reprodutiva de espécies desse gênero são caracteres marcantes a polinização por abelhas, a deiscência poricida das anteras e a predominância de alogamia (BUCHMANN et al., 1977; SYMON, 1979).

Corrêa (1984) salienta que *S. lycocarpum* apresenta porte arbustivo, é muito ramosa, com ramos cilíndricos, lenhosos, fistulosos, um pouco tortuosos, e revestida com densos pêlos estrelados.

Produz flores andromonóicas, quando em um mesmo indivíduo são produzidas flores hermafroditas e flores funcionalmente masculinas (OLIVEIRA FILHO & OLIVEIRA, 1988).

*S. lycocarpum* pode produzir flores e frutos durante todo o ano (OLIVEIRA FILHO & OLIVEIRA, 1988; MOURA, 2007). Seu fruto é uma baga globosa verde amarelada quando madura, revestida de pilosidade, podendo pesar até 500g (CORRÊA et al., 2000); quando maduros caem no chão, facilitando o acesso aos organismos dispersores (RODRIGUES, 2002) e apresenta grande quantidade de sementes com alta taxa de germinação e rápida emergência (ALMEIDA et al., 1998).

É uma espécie nativa do Cerrado que apresenta grande importância ecológica como fonte de alimento para animais silvestres (ALMEIDA et al., 1998), além disso, apresenta grande potencial para plantio em áreas degradadas, e pode ser considerada uma espécie indicadora da ocorrência da intervenção humana (MARTINS, 2005).

## **OBJETIVO GERAL**

Descrever a biologia floral e a fenologia reprodutiva de *S. lycocarpum*, analisar o comportamento de forrageio das abelhas visitantes para a identificação dos efetivos polinizadores da espécie.

## **HIPÓTESES**

Tendo em vista a complexidade morfológica das flores de *S. lycocarpum* e a guilda especializada de abelhas que as visitam questiona-se: A morfologia floral indica a especialização de seu sistema reprodutivo e seus possíveis polinizadores? A sincronia de floração pode afetar a frequência das atividades das abelhas? Os fatores abióticos influenciam nas atividades de forrageios das abelhas?



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR, R.; ASHWORTH, L.; GALETTO, L. & AIZEN, M. A. 2006. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and sunthesis though a meta-analysis. *Ecology Letters*, 9: 968-980.

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E.; SANO, S. M. & RIBEIRO, J. F. 1998. Cerrado: Espécies vegetais úteis, 1ª Ed, Planaltina: EMBRAPA – CPAC. p. 464.

AIZEN, M. A.; GARIBALDI, L. A.; CUNNINGHAM, S. A.; KLEIN, A. M. 2009. How much does agriculture depend on pollinators?. Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, 103: 1579-1588.

BAWA, K. S. 1990. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecological Systems*, 21: 399-422.

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.

BEZERRA, E. L. S. & MACHADO, I. C. 2003. Biologia floral e sistema de polinização de *Solanum stramonifolium* Jacq. (Solanaceae) em remanescente de Mata Atlântica, Pernambuco. *Acta Botanica Brasilica*, 17: 247-257.

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. 2006. Parallel Declines in Pollinators and Insect-pollinated Plants in Britain the Netherlands. *Science*, 313: 351-354.

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*, 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.

BUCHMANN, S. L. 1985. Bees use vibration to aid pollen collection from non-poricidal flowers. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 58: 517-525.

BUCHMANN, S. L. & HURLEY, J. P. 1978. A biophysical model for buzz pollination in angiosperms. *Journal of Theoretical Biology*, 72: 639-657.

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.

CANE, J. H. & TEPEDINO, V. J. 2001. Causes and extent of declines among native North American invertebrate pollinators: detection, evidence and consequences. *Conservation Ecology*, 5: 1.

CHACOFF, N. P. & AIZEN, M. A. 2006. Edge effects on flower visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. *Journal of Applied Ecology*, 43: 18-27.

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

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, Lavras*, 24: 130-135.

COUTO, R. H. N. & COUTO, L. A. 2002. Apicultura: manejo e produtos. 2ª Ed. Jaboticabal: FUNEP. p. 191.

DIXON, K. W. 2009. Pollination and Restoration. *Science*, 325: 571-573.

FREITAS, B. M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. 2005. A importância econômica da polinização. *Revista Mensagem Doce*, 80: 44-46.

FROUP, M. L.; HENSON, K. S. E.; CRAZE, P. G.; & MEMMOTT, J. 2008. The restoration of Ecological Interactions: Plant-pollinator Network on Ancient and Restored Heathlands. *Journal of Applied Ecology*, 45: 742-752.

GAUDE, T.; CABRILLAC, D. 2001. Self-incompatibility in flowering plants: the Brassica model. *Comptes Rendus de la Academie des Sciences de Paris. Sciences de la vie*, 324: 537-542.

GOULSON, D. 2003. Effects of introduced bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 34: 1-26.

HARDER, L. D. & BARCLAY, R. M. R. 1994. The functional significance of poricidal anthers and buzz pollination: controlled pollen removal from *Dodecatheon*. *Functional Ecology*, 8: 509-517.

HARTER, B.; LEISTIKOW, C.; WILMS, W.; TRUYLIO, B. & ENGELS, W. 2002. Bees collecting pollen from flowers with poricidal anthers in a south Brazilian *Araucaria* forest: a community study. *Journal of Apicultural Research*, 40: 9-16.

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. 1ª Ed. USP: São Paulo. p. 488.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; RAMALHO, M.; KLEINERT GIOVANNINI, A. 1994. Abelhas sociais e flores: Análise polínica como método de estudo. In: Flores e abelhas em São Paulo (PIRANI, J. R.; CORTOPASSI LAURINO, M. eds.). 2ª Ed EDUSP. São Paulo. p.17-30.

KAGEYAMA, P. Y. 1987. Conservação in situ de recursos genéticos de plantas. *Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais*, 35: 7-37.

- KEARNS, C. A. & INOUE, D. W. 1997. Pollinators, flowering plants, and conservation biology. *Bioscience*, 47: 297-307.
- KEVAN, P. & VIANA, B. F. 2003. The global decline of pollination services. *Biodiversity*, 4: 3-8.
- KEVAN, P. G. 1991. Pollination: Keystone process in sustainable global productivity. *Acta Horticulturae*, 288: 103-110.
- KEVAN, P. G. & BAKER, H. G. 1983. Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review Entomology*, 28: 40-53.
- KEVAN, P. & PHILLIPS, T. P. 2001. The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. *Conservation Ecology*, 5: 8.
- KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. 2003. Pollination of *Coffea canefora* in relation to local and regional agroforestry management. *Journal of Applied Ecology*, 40: 837-845.
- KREMEN, C. 2005. Managing Ecosystem Services: What Do we need to know about their ecology?. *Ecology Letters*, 85: 468-479.
- 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 Sciences*, 99: 16812-16816.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; AIZEN, M. A.; GEMMIL-HERREN, B.; LEBUHN, G.; MINCKLEY, R.; PACKER, L.; POTTS, S. G.; ROULSTON, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; VÁZQUEZ, P.; WIFREE, R.; ADAMS, L.; CRONE, E. E.; GREENLEAF, S. S.; KEIT, 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: 199-314.

LONSDORF, E; KREMEN, C.; WINFREE, R.; WILLIAMS, M. & GREENLEAF, S. 2009. Modelling pollination services across Agricultural Landscapes. *Annals of Botany*, 103: 1589-1600.

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, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. p. 128.

MICHENER, C. D. 1962. An interesting method of pollen collecting by bees from flowers with tubular anthers. *Revista de Biologia Tropical*, 10: 167-175.

MICHENER, C. D. 2000. The bees of the world. Baltimore, The Johns Hopkins University Press. p. 913.

McGREGOR, S. E. 1976. Insect pollination of cultivated crop plants (First Edition), USDA, Washington, D. C. p. 411.

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, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 97.

NEFF, J. L. & SIMPSON, B. B. 1993. Bees, Pollination Systems and Plant Diversity. In *Hymenoptera and Biodiversity* (LASALE. J. & GAULD, I. D., eds.) C. A. B. International Oxon, UK. p. 143-168.

NOGUEIRA-COUTO, R. H. & COUTO, L. A. 2006. Apicultura: manejo e produtos. 3ª Ed. Jaboticabal: FUNEP. p. 193.

NOGUEIRA-COUTO, R. H.; PEREIRA, J. M. S. & COUTO, L. A. 1990. Estudo da polinização entófila em *Curcubita pepo* (abóbora italiana). *Científica*, 18: 21-27.

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. 2010. A polinização por vibração. *Oecologia australis*, 14: 140-151.

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. Hil.) durante o amadurecimento. *Ciência e Agrotecnologia*, 27: 846-851.

PIMM, S. L. 1991. *The Natural History of Pollination*. Portland, Timber Press. p. 479.

POTTS, S. G.; PETANIDOU, T.; ROBERTS, S.; O'TOOLE, C.; HULBERT, A. & WILLMER, P. 2006. Plant-pollinator biodiversity and pollination services in a complex Mediterranean landscape. *Biological Conservation*, 129: 519-529.

POTTS, S.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O. & KUNIN, W. 2010. Global Pollinator Declines: Trends, Impacts and Drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25: 345-353.

PROCTOR, M.; YEO, P. & LACK, A. 1996. *The natural history of pollination*. London, Harper Collins Publishers. p. 479.

PROENÇA, C. E. B. 1992. Buzz-pollination - older and more widespread than we think?. *Journal of Tropical Ecology*, 8:115-120.

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

STEFFAN-DEWENTER, I. & WESTPHAL, C. 2008. The interplay of pollinator diversity, pollination services and landscape change. *Journal of Applied Ecology*, 45: 737-741.

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. p. 640.

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.; LESTER, R. N. & SKELDING, A. D. eds.). Academic Press, London. p. 385-397.

TAKI, H. & KEVAN, P. G. 2007. Does habitat loss affect the communities of plants and insects equally in plant-pollinator interactions?. *Preliminary Findings, Biodiversity and Conservation*, 16: 3147-3161.

TROP, R. W. 2000. The collection of pollen by bees. *Plant Systematics and evolution*, 222: 211-223.

WINFREE, R.; AGUILAR, R.; VÁZQUEZ, D.; LEBUHN, G. & AIZEN, M. A. 2009. A meta-analysis of bees' responses to Anthropogenic Disturbance. *Ecology*, 90: 2068-2076.

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

## CAPÍTULO 1

### **Fenologia reprodutiva, biologia floral e abelhas visitantes em *Solanum lycocarpum* (A. ST. HIL) (Solanaceae)**

Paulo Roberto de Abreu Tavares<sup>1</sup>; Valter Vieira Alves-Júnior<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutorando em Entomologia e Conservação da Biodiversidade- FCBA/UFGD, Rod. Dourados-Itahum, Km 12, CEP 79804-970, Dourados-MS, Brasil. e-mail: paulo\_robertoivi@hotmail.com

<sup>2</sup>Docente da FCBA/ UFGD, Rod. Dourados-Itahum, Km 12, CEP 79804-970, Dourados-MS, Brasil. e-mail: valteralves@ufgd.edu.br



## RESUMO

Os objetivos desse trabalho foram descrever a biologia floral, a fenologia reprodutiva de *Solanum lycocarpum*, analisar o comportamento de forrageio das abelhas visitantes para a identificação dos polinizadores efetivos da espécie e determinar a influência dos fatores abióticos nas atividades dos mesmos. Para isso 15 indivíduos de *S. lycocarpum* foram monitorados ao longo de um ano. As abelhas visitantes foram coletadas diretamente nas flores, durante 15 minutos de cada hora, enquanto que nos demais 45 minutos foi avaliado o comportamento das diferentes espécies de abelhas. Análises faunísticas foram desenvolvidas para definir as classes de abundância, frequência, constância e dominância das abelhas visitantes. Foram realizados testes de correlação para verificar se as atividades de forrageio das abelhas estavam correlacionadas com os fatores abióticos. O longo período (aproximadamente 10 meses) que os indivíduos de *S. lycocarpum* permanecem produzindo flores pode ter contribuído com a manutenção de seus polinizadores. Flores de *S. lycocarpum* oferecem apenas pólen como recompensa para seus visitantes. Para cada inflorescência observada foram produzidos precisamente 13 botões em um tempo médio de  $28,6 \pm 2,7$  dias, com média de  $1,1 \pm 0,1$  flores abertas por dia. Foram necessários  $119,7 \pm 6,7$  dias para o amadurecimento completo dos frutos, considerando a partir do início de seu desenvolvimento. As espécies de abelhas predominantes foram *Ephicaris flava*, *Centris scopipes*, *Oxaea flavescens* e *Centris analis* e polinizaram efetivamente as flores de *S. lycocarpum* por meio de polinização esternotribica. Suas visitas eram mais eficientes nas horas iniciais do dia, já que neste período os grãos do pólen eram mais abundantes. Quanto às estruturas florais, afirma-se que tanto a corola como as anteras atraíram independentemente ou em conjunto, as abelhas. Também afirmar-se que a morfologia das flores é adequada com o tamanho corporal da maioria das espécies de abelhas visitantes. Os fatores ambientais tiveram pouca influência nas atividades de forrageio das abelhas, ou seja, a frequência de forrageios realizados pelas abelhas foi influenciada principalmente pela disponibilidade e abundância de pólen nas flores.

**Palavras-chave:** Polinização, lobeira, polinização por vibração, anteras poricidas

## ABSTRACT

The aim of this work were to describe the floral biology, reproductive phenology of *Solanum lycocarpum*, analyze the foraging behavior of visiting bees to identify effective pollinators of the species and determine the influence of abiotic factors in their activities. 15 individuals of *S. lycocarpum* were monitored throughout a year. The visiting bees were directly collected in the flowers, during 15 minutes of every hour, while in the remaining 45 minutes we evaluated the behavior of the different species of bees. Faunistic analyses were developed to define the classes of abundance, frequency, constancy and dominance of visiting bees. Correlation tests were performed to verify if the foraging activities of bees were correlated with the abiotic factors. The long period (approximately 10 months) that individuals of *S. lycocarpum* remain producing flowers may have contributed to the maintenance of their pollinators. Flowers of *S. lycocarpum* provide only pollen as a reward for their visitors. For each inflorescence observed were produced precisely 13 buttons on an average time of  $28.6 \pm 2.7$  days, with an average of  $1.1 \pm 0.1$  open flowers per day. It took  $119.7 \pm 6.7$  days for the full ripening of fruits, considering from the beginning of their development. The predominant species of bees were *Ephicaris flava*, *Centris scopipes*, *Oxaea flavescense* *Centris analis* and they effective pollinated flowers of *S. lycocarpum* by sternotribic pollination. Their visits were more efficient in the initial hours of the day, since in this period pollen grains were more abundant. As for the floral structures, it is stated that both the corolla and the anthers have attracted independently or jointly, the bees. It is also said that the morphology of the flowers is appropriate with the body size of most species of visiting bees. Environmental factors had little influence on the foraging activities of bees, i.e. the frequency of foraging made by bees was influenced mainly by the availability and abundance of pollen in the flowers.

**Key words:** Pollination, lobeira, buzz pollination, poricidal anthers.

## 1. INTRODUÇÃO

O mecanismo de polinização pode ser definido como a transferência de grãos de pólen viáveis das anteras para o estigma, podendo ser em uma mesma flor ou entre flores distintas de uma mesma planta ou também entre flores de plantas diferentes, porém da mesma espécie (ENDRESS, 1994). Os grãos de pólen podem ser transportados até os estigmas das flores pelo vento, pássaros, morcegos, água, homem e, principalmente, pelos insetos (McGREGOR, 1976).

Ao longo do processo evolutivo, as plantas com flores desenvolveram várias adaptações tais como: odor, cor, formato, disponibilidade de néctar e outros recursos (FAEGRI & PIJL, 1979), que lhe permitiram atrair muitas espécies de animais (KRUNIĆ & STANISAVLJEVIĆ, 2006). Esse conjunto de caracteres florais presentes em uma flor facilita ou restringe o forrageio por determinados animais (CURTI & ORTEGA-BAES, 2011), porém existe certo grau de correspondência entre as essas características florais e o tipo de animal que a visita e poliniza (MOMOSE et al., 1998). Essa correspondência é frequentemente interpretada como resultado de interações, onde as estruturas florais estão adaptadas para otimizar o transporte de pólen e mediar a ação dos vetores (FAEGRI & PIJL, 1979; PROCTOR et al., 1996).

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. 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). Esses organismos são considerados os polinizadores mais importante de diversas culturas (CORBET et al., 1991) e da maioria das plantas em vários ecossistemas naturais (NEFF & SIMPSON, 1993).

No entanto, diversos fatores que resultam em modificações da paisagem, podem causar o declínio das populações de abelhas tais como desmatamento, fragmentação de ambientes naturais (FAHRIG, 2003), 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).

Essas alterações da paisagem vêm sendo consideradas como as principais causa da limitação e declínio dos serviços de polinização (KREMEN et al., 2002; STEFFAN-DEWENTER & WESTPHAL, 2008). Conseqüentemente, 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).

As relações entre as plantas e as abelhas baseiam-se em um sistema de dependência recíproca, onde as plantas disponibilizam o alimento para as abelhas, principalmente pólen e néctar, e em troca recebem os benefícios da transferência de pólen (AGUIAR et al., 1995). Essa interação entre as abelhas e plantas resultou em inúmeras adaptações que garantiu aos vegetais o sucesso na polinização cruzada. Isso possibilitou o aumento no vigor das espécies vegetais, representado por novas combinações de fatores hereditários, e aumentando a produção de frutos e sementes (COUTO & COUTO, 2002).

No entanto, muitas espécies vegetais não possuem relações com tipos específicos de polinizadores (WASER et al., 1996; OLLERTON et al., 2009), mas grande parte das espécies de planta apresentam características morfológicas e fisiológicas específicas que podem atrair certos grupos de visitantes e podem revelar importantes implicações não apenas na relação planta-animal, mas também no sucesso reprodutivo da planta (BARBOSA, 1997).

A grande diversidade de tipos florais está relacionada com o desenvolvimento sensorial dos polinizadores, principalmente aqueles que determinam a capacidade de distinção e memorização de alguns padrões florais (RAMÍREZ et al., 1990).

A produção de flores, o período de floração e outras características, provavelmente também são controlados para atrair determinados grupos de organismos polinizadores, e para isso a planta gasta certa quantidade de energia. Em troca dos recursos oferecidos, a espécie vegetal tem maior sucesso na sua reprodução e dispersão, pois os insetos adaptados, que coletam esse néctar/óleo ou pólen promovem a polinização (VITALI & MACHADO, 1994).

A especialização floral geralmente envolve a ocorrência de um comportamento estereotipado predominante, que o polinizador utiliza para a obtenção do recurso floral (WADDINGTON, 1983), porém a especialização do sistema de polinização é vantajosa para a planta quando acarreta maior eficiência na polinização e promove fidelidade dos

polinizadores, com consequente aumento no fluxo de pólen (JOHNSON & STEINER, 2000).

Embora a maioria das Angiospermas apresentem anteras com deiscência longitudinal, cerca de 6% a 8% das espécies possuem deiscência poricida (BUCHMANN, 1983).

A retirada de pólen de anteras poricidas, requer uma atividade comportamental especial a ser desenvolvida pelas abelhas, sendo a polinização destas flores denominada de polinização por vibração (BUCHMANN et al., 1977) ou “buzz pollination” (BUCHMANN, 1983), e ocorre em aproximadamente 20.000 espécies de plantas, distribuídas entre 64 famílias de dicotiledôneas e em oito famílias de monocotiledôneas, tendo surgido diversas vezes durante a evolução das Angiospermas (BUCHMANN, 1983). Esse processo de polinização é comumente associado a flores com anteras poricidas, sendo o processo de polinização, realizado por abelhas (BUCHMANN, 1983; BEZERRA & MACHADO, 2003).

As flores polinizadas pelo processo de vibração, são geralmente pendentes, com corolas reflexas que expõem as anteras tubulares de deiscência poricida. Essas flores oferecem pólen em profusão, que frequentemente, é a única recompensa para o polinizador, embora algumas espécies também ofereçam pequenas quantidades de néctar ou de óleo (PROCTOR et al., 1996).

Essas plantas apresentam longos períodos de floração, abundância de flores ao longo desse período, e com a abertura diária de novas flores. A antese ocorre principalmente ao nascer do sol, ou nas primeiras horas da manhã, liberam odores, exibem padrões contrastantes de cor envolvendo o amarelo brilhante, o azul e a absorção da luz ultravioleta, características estas, associadas à síndrome de melitofilia, (BUCHMANN, 1983).

As anteras poricidas apresentam mecanismos de liberação de pólen que restringem a retirada de todos os grãos em uma única visita fazendo com que seja liberada, somente uma pequena quantidade, mas liberando-o continuamente durante um período de tempo, enquanto está em disponibilidade (HARDER & BARCLAY, 1994).

De acordo com Buchmann & Hurley (1978), durante o processo de polinização por vibração, as abelhas utilizam os músculos torácicos para vibrar as anteras e liberar os grãos de pólen. Ao contrair seus músculos torácicos, as vibrações são transmitidas para as anteras através do tórax e das pernas, causando ressonância dentro delas, então os grãos adquirem energia a cinética necessária nos choques com as paredes internas e

entre sí, para serem liberados pelo poro apical das anteras (BUCHMANN & HURLEY, 1978).

A polinização vibrátil é realizada por algumas abelhas fêmeas, que são hábeis na coleta do pólen nas flores, utilizando-se desse mecanismo (BUCHMANN, 1983).

Essas abelhas possuem o músculo indireto do voo desenvolvido, além de tufo de pêlos finos, longos e plumosos na escopa, capazes de coletar, reter e transportar os grãos de pólen pequenos e secos, característicos de espécies da família Solanaceae (BUCHMANN, 1983).

As abelhas apresentam três estratégias para coletar pólen em anteras poricidas, elas podem vibrar, morder ou coletar pólen residual (MICHENER, 1962; WILLE, 1963; BUCHMANN et al., 1977), porém algumas abelhas também coletam os grãos de pólen das anteras poricidas, inserindo a probóscide pelo póro apical da antera, mecanismo conhecido com “ordenha” (WILLE, 1963; TRORP, 2000).

Nunes-Silva et al. (2010), relatam que é frequentemente ser encontrada nas flores que são visitadas por abelhas que fazem a polinização por vibração, marcas necróticas na sua superfície, como consequência da fixação das garras tarsais das abelhas nos estames, para se prenderem.

Algumas espécies de abelhas das famílias Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae e Megachilidae, conseguem realizar a vibração das anteras para a retirada do pólen, e durante esse procedimento comportamental, realizarem a polinização por vibração (MICHENER, 1962; WILLE, 1963; BUCHMANN & HURLEY, 1978; HARTER et al., 2002).

Como as anteras poricidas protegem o pólen e exigem um comportamento de forrageamento especializado por parte do polinizador (PROENÇA, 1992), as abelhas ao abordarem uma flor, se alinham inicialmente na corola da flor, curvam-se em volta ou no ápice do cone de anteras e agarram fortemente os estames e contraem os músculos do tórax, transmitindo as vibrações para as anteras, provocando assim, a liberação dos grão de pólen. Entretanto, não se sabe ainda se esse comportamento de vibrar as anteras é instintivo (BUCHMANN, 1985) ou aprendido durante as primeiras visitas dessas abelhas às flores (MICHENER, 1962).

Este mecanismo de polinização está associado a algumas famílias de plantas, como a Família das Solanaceae (BUCHMANN, 1983). Essa família está incluída entre as mais numerosas das Angiospermas, com aproximadamente 150 gêneros e 3000 espécies, sendo que no Brasil, ocorrem 32 gêneros e 350 espécies (SOUZA &

LORENZI, 2005). Raw (2000) relata que muitas espécies de Solanaceae com interesse econômico são polinizadas por esse mecanismo tais como: o tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), a beringela (*Solanum melongena* L.), o jiló (*S. gilo* Raddi) e pimentas e pimentões (*Capsicum* spp.).

A síndrome de polinização mais comum dentre as diferentes espécies de Solanaceae é a melitofilia, consequência da estrutura floral (ALBUQUERQUE et al. 2006),

O gênero *Solanum* com o maior número de espécies, no qual a espécie em estudo esta inclusa é reconhecido pela presença de anteras poricidas (SOUZA & LORENZI, 2005). Na biologia floral e reprodutiva de espécies desse gênero são caracteres marcantes a polinização por abelhas, a deiscência poricida das anteras e a predominância de alogamia (BUCHMANN et al., 1977; SYMON, 1979).

A lobeira, *Solanum lycocarpum* A. St. Hil., pertence à esta família, é uma importante espécie pioneira (MARTINS, 2005), estando 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 antropofizadas (MARTINS, 2005).

Corrêa (1984) salienta que *S. lycocarpum* apresenta porte arbustivo, é muito ramosa, com ramos cilíndricos, lenhosos, fistulosos, um pouco tortuosos e revestidos com densos pêlos estrelados. Contêm flores andromonóicas, ou seja, em um mesmo indivíduo são produzidas flores hermafroditas e flores funcionalmente masculinas (OLIVEIRA FILHO & OLIVEIRA, 1988).

*S. lycocarpum* pode produzir flores e frutos durante todo o ano (OLIVEIRA FILHO & OLIVEIRA, 1988; MOURA, 2007). Seu fruto é uma baga globosa verde amarelada quando madura, revestida de pilosidade, podendo pesar até 500 g (CORRÊA et al., 2000), que quando maduros caem no chão, facilitando o acesso aos organismos dispersores (RODRIGUES, 2002). O fruto apresenta grande quantidade de sementes com alta taxa de germinação e rápida emergência (ALMEIDA et al., 1998).

De acordo com Campos (1994), essa espécie cresce e se desenvolve em condições ambientais desfavoráveis, tais como terras ácidas e pobres em nutrientes e é capaz de suportar um clima árido e períodos de seca prolongados, resistindo ainda a ciclos anuais de queimadas, sendo então considerada como uma espécie invasora de pastagens ou de áreas devastadas pelo homem.

Nessas 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 de sucessão ecológica até o desenvolvimento de florestas primárias (RICKLEFS, 2003). Essas características tornam o estudo de *S. lycocarpum* uma espécie invasora, importante para a compreensão dos efeitos da destruição da vegetação nativa e da avaliação sobre a possibilidade da utilização da lobeira em planos de manejo e regeneração de áreas degradadas.

Além disso, considerando-se que o atual estado de degradação ambiental na região de estudo com a substituição da vegetação original por pastagens, e mais recentemente pela monocultura da cana-de-açúcar, tem uma influência negativa nas populações da flora e fauna e, sobretudo nos visitantes florais, justifica-se o desenvolvimento de pesquisas com esse propósito, por fornecer informações que podem contribuir para preservação da planta em estudo, *S. lycocarpum*, dos polinizadores e de outros organismos dela dependentes e também com o esclarecimento do grau de dependência das relações planta-polinizador.

Dessa forma este trabalho teve como objetivo descrever a biologia floral e a fenologia reprodutiva de *S. lycocarpum*, analisar o comportamento de forrageio das abelhas visitantes para a identificação dos efetivos polinizadores da espécie e determinar a influência dos fatores abióticos (temperatura, luminosidade, umidade relativa do ar e velocidade do vento) nas atividades dos mesmos.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da área**

O trabalho foi desenvolvido na borda de um fragmento de Floresta Secundária, na área rural do Município de Ivinhema, Mato Grosso do Sul. Esse fragmento pertence à Sociedade de Melhoramentos e Colonização (SOMECA) e está localizado a aproximadamente três quilômetros do perímetro urbano do Município de Ivinhema, MS (22°16'43"S 53°48'47"O), sendo que ocasionalmente passava por processos de queimadas provocadas pelo homem. O clima da região se enquadra no tipo úmido a subúmido (ZAVATTINI, 1992).

O fragmento é composto por vegetação resultante dos processos de regeneração, uma vez que a vegetação primária foi retirada para o plantio de eucalipto. Com a



retirada do eucalipto as espécies vegetais nativas recolonizaram a área, sendo que a maioria das árvores apresenta hoje, altura em torno de cinco metros (Figura 1).



**Figura 1.** Visão geral da vegetação da borda do fragmento estudado.

## 2.2 Biologia floral

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

Para comparações da morfometria floral entre os dois tipos de flores foram utilizados o teste t ou o teste U de Mann Whitney quando os dados amostrais não se enquadravam na distribuição normal, ambos com nível de significância de 5%. Foram comparadas as seguintes medidas nos tipos de flores: diâmetro das corolas, a altura das anteras, dos estigmas e dos gineceus e o comprimento dos filetes, estiletos e dos pedúnculos. As técnicas para efetuar as medidas foram baseadas nos trabalhos de Richards & Koptur (1993) e Castro & Oliveira (2002).

Para verificar a diferença no número de visitas e a viabilidade polínica entre os dois tipos de flores também foi aplicado o teste t, sendo o programa BioEstat 5.0 utilizado para os cálculos dos valores de t e dos valores de Mann Whitney.

Para avaliar se as estruturas florais (corola e cone de anteras) influenciam na atratividade das abelhas, as anteras de 40 flores de cada tipo foram retiradas, ficando somente a corola presa ao pedúnculo da flor. Também se retirou a corola de outras 40 flores de cada tipo de flor, restando desta vez somente os cones de anteras presos ao

pedúnculo das flores. A atração das abelhas em relação à presença ou a ausência das estruturas florais foi avaliada por meio de observações do número de visitas realizadas em cada tipo floral. Esse tratamento foi realizado no período da manhã durante quatro dias consecutivos, pois neste horário os forrageios das abelhas eram mais intensos, sendo que em cada dia esse tratamento foi realizado em 10 flores de cada tipo.

Para verificar a presença de odor floral, foi utilizada a técnica proposta por Dafni (1992), que consiste em se manter algumas flores em frascos fechados durante 24 horas para concentrar a substância odorífera.

A receptividade do estigma foi detectada quando houve formação de bolhas de ar ao se pingar algumas gotas de água oxigenada (10 vol.) em sua superfície ou pelo aspecto umectante do mesmo (KEARNS & INOUE, 1997).

A presença e a localização de células produtoras de odor (osmóforos) foram identificadas, utilizando-se o método de Oliveira Filho & Oliveira (1988), ao aplicar o corante vermelho-neutro a 0,01%, sobre a corola e demais estrutura reprodutivas, As regiões que apresentam osmóforos ficam impregnadas de vermelho.

Para verificar os locais de reflexão dos raios ultravioletas nas flores, foi aplicada nas pétalas, uma solução de cloreto de ferro dissolvido em solução aquosa de éter sulfúrico a 1% (VOGEL, 1983).

Avaliou-se a viabilidade dos grãos de pólen por microscopia óptica, retirando-os das flores e preparando-os em lâminas histológicas, quando receberam gotas de carmim acético (RADFORD et al., 1974) para coloração do seu citoplasma. Duzentos grãos de pólen foram avaliados em cada lâmina, sendo que aqueles inviáveis permaneciam descoloridos. Para essa avaliação foram utilizadas cinco flores de cada tipo (estile longo e estile curto). Para cada flor foi preparada uma lâmina e contados duzentos grãos de pólen de cada uma delas.

A quantidade de grãos de pólen produzidos e estocado nas anteras foi estimada, retirando-os vibrando mecanicamente o cone de anteras de cinco flores de cada tipo, a cada três horas de observação. A disponibilidade de pólen durante as visitas às flores de *S. lycocarpum* foi verificada coletando-se duas flores de cada tipo a cada três horas de observação, totalizando 10 flores com estilete longo e 10 flores com estilete curto.

Para os testes, os grãos de pólen de todas as anteras de cada flor foram retirados e colocados em lamínula quadriculada, corados com carmim acético e feita a contagem

total dos mesmos, utilizando-se de um microscópio óptico (Nikon), com 100X de aumento.

### **2.3 Fenologia de floração e frutificação**

As observações fenológicas foram realizadas entre julho de 2012 e julho de 2013, registrando-se a presença das fenofases de floração e frutificação. A sincronia das fenofases reprodutivas foi analisada utilizando o método do Índice de Atividade, que consiste na constatação da presença ou ausência da fenofase no indivíduo, não sendo avaliada quantitativa ou qualitativamente (BENCKE & MORELLATO, 2002). A fenologia de floração e frutificação das plantas foi caracterizada pelo período que compreende a produção de botões florais, floração e produção de frutos até a maturação.

O tempo de desenvolvimento da flor foi registrado utilizando-se de marcações com etiquetas, a partir do surgimento dos botões até a queda das flores em 10 inflorescências, determinando-se o tempo médio investido pela espécie para completar as fenofases de botão floral e flor.

### **2.4 Abelhas como visitantes florais**

As coletas das abelhas visitantes florais foram realizadas com rede entomológica, diretamente nas flores de *S. lycocarpum*, durante o processo de floração plena, entre as 6:h00 e 18:h15min, 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.

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.

Essas avaliações aconteceram em um número variável de flores pertencentes a 15 indivíduos de *S. lycocarpum* durante 10 dias não necessariamente consecutivos. Posteriormente, foi aplicado o teste do Qui-quadrado, com nível de significância de 0,05% para verificar a homogeneidade do número de flores das 15 plantas amostradas durante os 10 dias de coleta.

Os indivíduos capturados foram sacrificados em câmara mortífera contendo acetato de etila e separados em recipientes previamente etiquetados em relação ao

período de coleta. Os espécimes coletados foram transportados ao LAP (Laboratório de Apicultura da FCBA-UFGD), onde foram catalogados e identificados com auxílio de literatura especializada ou com a ajuda de especialistas na área e encontram-se depositados na coleção de abelhas do LAP. Alguns exemplares foram fixados em alfinetes entomológicos, devidamente etiquetados e preparados para serem depositados no Museu da Biodiversidade da FCBA-UFGD (Mubio/UFGD).

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 o intervalo de confiança (IC) a 99% e 95% de probabilidade 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 porcentagem de indivíduos de uma espécie com 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 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%).

Utilizando a frequência de observações ao longo do dia de uma determinada espécie, foi calculada a constância (SILVEIRA NETO et al., 1976) da seguinte forma:  $C = (\text{n}^\circ \text{ de dias em que a espécie X foi coletada} / \text{n}^\circ \text{ de dias de coletas}) \times 100$ , 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:  $D = 1 / \text{n}^\circ \text{ total de espécies} \times 100$ .

Consideraram-se 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, foram realizados testes de correlação de Pearson ( $r$ ) com nível de significância de 5%. Este teste não foi utilizado para as

espécies que apresentaram baixo número de forrageio (até quinze indivíduos coletados) durante os 15 dias de amostragem nas flores, pois de acordo com Lira (2004) essas características podem afetar a intensidade do coeficiente de correlação inviabilizando a realização deste teste. O programa BioEstat 5.0 foi utilizado para determinar os intervalos de confiança e desenvolver os testes de correlação de Pearson (AYRES et al., 2007).

Foi avaliado o comportamento das abelhas visitantes florais, buscando identificar os polinizadores efetivos, por meio de observações diretas e com registro fotográficos e filmagem durante a coleta do recurso floral.

As abelhas foram classificadas quanto ao tamanho de acordo com métodos propostos por Roubik (1989). Segundo este autor elas podem ser classificadas como: tamanho grande (comprimento do corpo maior que 14 mm e largura do tórax maior que 6 mm); tamanho médio (comprimento do corpo entre 7 e 14 mm e largura do tórax entre 2 e 6 mm) e tamanho pequeno (tamanho do corpo menor que 7 mm e largura do tórax menor que 2 mm).

O comportamento das abelhas visitantes predominantes em *S. lycocarpum* foi classificado segundo Wille (1963), sendo consideradas abelhas vibradoras as espécies que retiram pólen realizando vibrações; mordedoras, aquelas que retiram o pólen das anteras mordendo-as, e coletoras, as abelhas que recolhem os grãos de pólen residuais alojados externamente na corola.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Biologia floral**

Em *S. lycocarpum*, as flores são diclamídeas, pentâmeras, gamopétalas, dialissépalas, longestilas ou brevestilas e encontram-se em inflorescências terminais determinadas com abertura do ápice para a base.

Apresentam estigmas bífidos centrais que são bastante umectantes. A presença de estigmas úmidos é uma característica comum para maioria das espécies pertencentes à Família das Solanacea (FRANKEL & GALUN, 1977). Nas flores com estilete longo o estigma projeta-se em média 2,6 ( $\pm 0,5$  mm) do ápice das anteras.

As flores apresentam corola de coloração roxa, contêm cinco anteras coniventes, de amarelo intenso, poricidas, que rodeiam a estrutura do gineceu, tanto das flores

funcionalmente masculinas, nas quais as anteras envolvem o estigma, como das hermafroditas, onde o estigma não é envolvido ficando acima das anteras.

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 à medida que ficavam mais velha, a coloração da corola se tornava mais clara confirmando as observações realizadas por Oliveira Filho & Oliveira (1998).

Nas inflorescências em que apenas uma flor estava aberta, geralmente eram encontrados dois botões florais em pré-antese enquanto as que apresentavam duas flores abertas, apenas um botão em pré-antese era observado. O ovário das flores funcionalmente masculinas (estilete curto) é menor que o das flores com estilete longo. O gineceu de ambas as flores apresenta uma coloração verde claro, porém nas flores mais velhas, com dois dias pós-antese, eles se tornam amarelados.

As plantas de *S. lycocarpum* apresentaram flores com estilete curto e com estilete longo em um mesmo indivíduo. A presença de dois tipos de flores em um mesmo indivíduo é conhecida como andromonoiccia, e é registrado em diversas espécies do gênero *Solanum* (SYMOM, 1979; AVANZI & CAMPOS, 1997). Durante as avaliações de campo, observou-se apenas três inflorescências apresentando os dois tipos florais. Estes resultados também corroboram as observações realizadas por Oliveira Filho & Oliveira (1988), para a mesma espécie.

Flores de *S. lycocarpum* oferecem apenas pólen como recompensa para seus visitantes e de acordo com Vogel (1978), plantas com flores deste tipo apresentam anteras vistosas como uma forma de sinalização para as abelhas em relação à fonte de recurso. Essa característica sinalizadora foi observada na espécie em estudo principalmente nas primeiras horas após a antese.

Com relação à viabilidade polínica, não houve diferença significativa entre os grãos de pólen oriundos de ambos tipos de flores, ambas apresentaram alto percentual de pólen viáveis (Tabela 1). À medida que aumenta a viabilidade desses gametas existe a tendência de ser também maior o índice de fertilização (SOUZA et al., 2002), uma vez que as abelhas visitantes frequentemente transferem pólen de alta qualidade para os estigmas das flores, aumentando conseqüentemente a taxa de frutificação.

**Tabela 1.** Viabilidade dos grãos de pólen (n=200) para os dois tipos de flores em *S. lycocarpum*.

Flor		Grãos de pólen (%)					Test <i>t</i>	<i>p</i>
Estilete curto	Viáveis	99	98	97	99	98	0,41	0,0975
Estilete longo	Viáveis	99	99	98	99	99		

As flores com estilete curto permaneceram abertas por até 48 horas, quando então seus pedúnculos se desprendiam e elas caíam inteiras. Já as flores com estilete longo eram aquelas que se desenvolviam em frutos, e permaneceram abertas por até cinco dias, quando então a corola se fechava e murchava sobre as estruturas reprodutivas, mas não se desprendia, tendo sido observada a presença da corola e estiletos em frutos com até 20 dias de desenvolvimento. Aproximadamente sete dias após as flores serem polinizadas já se presenciava o início do desenvolvimento dos frutos. No entanto na ausência de fecundação, as flores com estilete longo também foram abortadas.

As flores apresentam osmóforos em toda corola e também no estigma. Observou-se que em flores de dois dias pós-antese essas células são pouco ativas, o que também explica o fato destas flores serem evitadas pelas abelhas visitantes.

Raios ultravioletas são refletidos na região onde ocorre a fusão entre as pétalas (dobras), principalmente nos filetes das anteras e na porção marginal da corola. Flores de segundo dia apresentam uma redução na intensidade de cor das regiões citadas, indicando também redução na reflexão de raios ultravioletas.

A presença de osmóforos e reflexão de raios ultravioletas são características que se enquadram na síndrome de melitofilia descrita por Faegri & Pijl (1979), e juntamente com a deiscência das anteras definem a síndrome de polinização por vibração para o gênero *Solanum* (BUCHMANN et al., 1977; BUCHMANN, 1983; VOGEL, 1978; COLEMAN & COLEMAN, 1982; ENDRESS, 1994).

A exalação de odor adocicado ocorreu com maior intensidade nas horas iniciais do dia, não sendo possível mais percebê-lo no final da tarde, coincidindo como período da disponibilidade do pólen e reduzindo à medida que esse recurso vai se tornando escasso. A exalação de odor era mais evidente nas plantas maiores, uma vez que apresentavam mais inflorescências e consequentemente maior número de flores abertas.

O estigma da maioria das flores permaneceu receptivo somente no primeiro dia de antese, porém eventualmente encontravam-se flores em seu segundo dia de antese com estigma ainda receptivo.

As anteras liberavam grandes quantidades de pólen durante os primeiros forrageios das abelhas. Após as 9:h00, a quantidade de pólen disponível diminuiu consideravelmente em ambos os tipos florais, e ao final da manhã, sua disponibilidade apresentou uma drástica redução em consequência das visitas das abelhas, não sendo mais possível encontrá-lo na maioria das flores após as 12:h00 (Figura 2), e assim, a quantidade e intensidade das vibrações que as anteras sofriam eram maiores e mais intensas. Em algumas ocasiões era possível encontrar esse recurso nas flores no final do dia, mas em quantidade ínfima, porém na maioria (86%) das anteras examinadas ele já era inexistente.

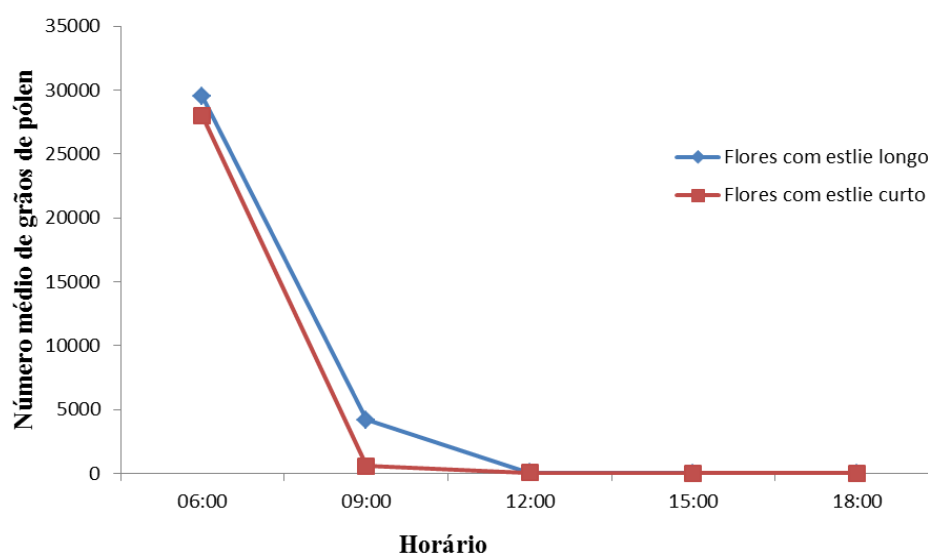


Figura 2. Quantidade de grãos pólen em flores de *Solanum lycocarpum* com estilete longo e estilete curto durante as diferentes horas do dia.

As flores passaram a ser menos atrativas para as abelhas no segundo dia de abertura. Essas flores geralmente foram evitadas pelos visitantes, que as sobrevoavam e então se deslocavam para flores mais novas, porém em raras ocasiões as abelhas *Ephicaris flava* (Friese, 1900) e *Centris scopipes* (Friese, 1899) forragearam flores que estavam com a corola bastante murcha. Após o forrageio das abelhas nessas flores constatou-se que elas ainda estavam com o estigma receptivo e suas anteras



apresentavam coloração de amarelo intenso e pólen disponível, o que explica esse padrão de comportamento apresentado por essas espécies de abelhas.

As modificações na coloração da corola e do cone de anteras, provavelmente são reconhecidas pelas abelhas como um indicador da redução quantitativa de pólen disponível (BEZERRA & MACHADO, 2003; OLIVEIRA FILHO & OLIVEIRA, 1988), fato também sugerido neste estudo.

Com relação à morfologia floral, a amplitude de variação no diâmetro da corola foi maior nas flores com estilete longo do que naquelas com estilete curto. Também houve entre elas, diferença significativa na altura dos gineceus, e estiletos, entretanto não houve diferença significativa no comprimento dos filetes, pedúnculo e das anteras e também na separação estigma/antera (Tabela 2).

Observou-se que a altura do estigma em flores de estilete longo ( $21,4 \pm 2,5$  mm) coincidentemente corresponde à altura de anteras nas flores que contêm estilete curto ( $20,8 \pm 1,3$  mm), ou seja, não se observou diferença significativa ( $U_{(48)} = 1,73$ ;  $p = 0,0825$ ), da altura entre essas estruturas.

Gardner (1979), estudando a biologia de espécies heterostílicas, observou que algumas das estruturas das flores com estilete curto são maiores. Ainda esse mesmo autor salienta que provavelmente essas características estão relacionadas com a necessidade deste tipo de flor atrair mais polinizadores para compensar a menor carga de pólen compatível depositada em seus estigmas.

Observou-se que em flores de *S. lycocarpum* algumas estruturas nas flores com estilete longo são maiores do que as mesmas estruturas em flores com estilete curto (Tabela 2). No entanto, não houve diferença significativa entre o número de flores visitadas que apresentavam estilete curto, e aquelas de estilete longo ( $t_{(8)} = 0,07$ ;  $p < 0,5229$ , dessa forma sugere-se que a diferenças de tamanho apresentado por algumas estruturas das flores não influencia na atração das abelhas visitantes.

As observações realizadas no comportamento de forrageio das abelhas nas flores permite afirmar que a morfologia das flores de *S. lycocarpum* se adequa ao tamanho corporal da maioria de seus visitantes.

As especializações das flores geralmente envolvem o desenvolvimento de um comportamento estereotipado predominante, que o organismo polinizador utiliza para obter o recurso floral (WADDINGTON, 1983).

No caso de *S. lycocarpum* a especialização de suas flores estaria relacionada com a presença de anteras com deiscência poricida, sendo que a capacidade de vibrar as

anteras é o comportamento que as abelhas desenvolveram para conseguir coletar os grãos de pólen dessas flores.

**Tabela 2.** Morfometria das estruturas de 25 flores com estiletos curtos e de 25 flores com estile longos em *Solanum lycocarpum*.

	Flor- estilete curto				Flor- estilete longo				Teste estatístico	p
	Média	Desvio padrão	Amplitude	n	Média	Desvio padrão	Amplitude	N		
D. C.	58,16	7,00	45,20-69,37	25	64,42	6,85	50,12-78,26	25	t = -3,19	0,0025
C. P.	10,56	1,57	7,22-12,95	25	10,24	1,61	6,27-14,55	25	t = 0,72	0,4767
C. A.	17,11	1,18	14,92-19,48	25	17,10	1,70	12,41-20,16	25	t = 0,03	0,9801
C. F.	3,65	0,34	3,23-4,53	25	3,62	0,53	2,35-4,47	25	U = 0,01	0,9923
A. G.	4,96	0,94	3,03-7,14	25	21,40	2,47	13,02-26,34	25	U = 6,06	0,0001
C. E.	2,25	0,56	14,00-3,69	25	17,74	1,82	14,33-22,87	25	U = 6,06	0,0001
S. A. E.	14,87	1,39	12,16-17,06	25	2,57	0,55	1,61-3,98	25	U = 6,06	0,0001

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 (mm).

Constatou-se que as estruturas florais exercem influência na atratividade das abelhas. Observou-se que tanto a corola como o conjunto de anteras contribui individualmente nesse processo de atração. Apesar das flores de *S. lycocarpum* apresentarem osmóforos e refletirem raios ultravioletas, é a presença de recurso (pólen) nas anteras que as tornam mais atrativas para a maioria das abelhas visitantes, confirmando os estudos sobre a biologia reprodutiva de *Solanun palinacanthum* Dunal realizados por Coleman & Coleman (1982) quando demonstraram que a retirada da corola das flores tem menor influência na frequência de visitas das abelhas quando comparado com a retirada das anteras.

Para *E. flava* e *C. scopipes*, tanto a corola como as anteras foram atrativas, enquanto que *Exomalopis fulvofasciata* (Smith, 1879) e *Centris analis* (Fabricius, 1804) foram atraídas somente pelas anteras, já *Oxaea flavescens* (Klug, 1807), apresentou maior atratividade pelas anteras, quando comparado com aquela exercida pela corola (Tabela 3), comprovando a importância dessas estruturas simultaneamente ou isoladamente, na atração das abelhas visitantes.

**Tabela 3.** Número de visitas das abelhas nas estruturas (corola e cone de anteras) das flores de *Solanum lycocarpum* em relação à presença ou a ausência dessas estruturas florais.

Espécies	Nº de visitas Corola P (C)	Nº de visitas Corola P (L)	Nº de visitas Anteras P (C)	Nº de visitas Anteras P (L)
<i>E. flava</i>	6	9	12	16
<i>C. scopipes</i>	7	5	8	6
<i>E. fulvofasciata</i>	0	0	17	22
<i>C. analis</i>	0	0	0	2
<i>O. flavescens</i>	2	3	14	11
Total	15	17	51	57

P = Presença da estrutura; C = Flor com estilete curto; L = Flor com estilete longo

### 3.2 Fenologia de floração e frutificação

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.

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.

No mês de fevereiro todos os indivíduos reiniciaram a produção de novas 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.

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.

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, o que pode explicar os padrões fenológicos observados em *S. lycocarpum*.

Observou-se que a floração de *S. lycocarpum* diminuiu justamente no período em que as condições climáticas foram menos adequadas à atividade das abelhas, com temperaturas variando em média  $16,3 \pm 1,8^{\circ}\text{C}$  em junho e  $14 \pm 4,4^{\circ}\text{C}$  em julho de 2013. A diminuição da oferta de recursos associada às temperaturas mais amenas desses meses explica a redução da intensidade dos forrageios das abelhas neste período.

Levando em consideração as características fenológicas observadas, *S. lycocarpum* apresenta um padrão de floração contínuo, segundo a classificação Newstrom et al. (1994). Observou-se ainda que essa espécie apresenta sincronia em sua floração, e de acordo com Primack (1980) e Augspurger (1981), quando os indivíduos

em uma população florescem de forma sincrônica atraem maior número de visitantes florais, e conseqüentemente gera aumento nas taxas de visitas às flores e no transporte de pólen entre as plantas, elevando os níveis de polinização.

Um dos fatores ambientais que está relacionado às diferentes fenofases reprodutivas é precipitação (ALENCAR et al., 1979). Em *S. lycocarpum* observou-se um aumento significativo de botões florais após um período de chuvas, que ocorreram com maior intensidade entre os meses de janeiro e março de 2013.

Foram observadas em campo inflorescências apresentando de 6 a 13 botões florais/flores, porém casualmente, aquelas que foram avaliadas (n=10) produziram precisamente 13 botões que se desenvolveram em flores, em um tempo médio de  $28,6 \pm 2,7$  dias ( $0,5 \pm 0,05$  botões/dia), com média de  $1,1 \pm 0,1$  flores abertas por dia. Além disso, 70% das inflorescências avaliadas apresentaram flores com estilete curto. Essa característica pode ser explicada pela grande exigência por pólen xenogâmico.

Para o desenvolvimento dos frutos até a seu amadurecimento completo, foram necessários  $119,7 \pm 6,7$  dias, ou seja, estes permanecem em desenvolvimento durante pelo menos 4 meses. A maioria dos frutos não se desprende naturalmente das plantas, mas sim em consequência do ataque de formigas e apenas 0,2% permaneceu preso a planta, até a abscisão natural em um tempo médio de  $142 \pm 1,7$  dias. Verificou-se que são necessários de 4 a 5 meses para uma inflorescência de *S. lycocarpum* completar toda a sua fase reprodutiva.

Quanto ao período de antese, a abertura dos lobos da maioria das flores ocorreu durante a manhã, iniciando-se entre 5:h00 e 8:h00, 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.

À medida que a antese avança, o estilete vai se expondo e, aproximadamente 20 minutos após a expansão da corola, já é possível encontrar estigmas receptivos.

Para que a abertura da corola ocorra, as sépalas iniciam a abertura na região mediana, cerca de dois dias antes, e esta abertura se estende até o ápice, sendo possível visualizar a corola no dia anterior à antese. A corola se expande e inicia a abertura ficando as pétalas unidas somente no ápice. Concluída a separação das pétalas, a expansão total da corola dura cerca de 20 minutos. Ao final do processo de abertura, visualizam-se as sépalas também totalmente separadas.

### 3.3 Abelhas como visitantes Florais

Nos 10 dias de avaliação, a quantidade de flores na área de registro dos visitantes foi uniforme ( $X^2= 12,82$ ;  $p = 0,1708$ ), quando foram observadas 322 abelhas, pertencentes a 12 espécies distribuídas em duas famílias (Apidae e Andrenidae), forrageando as flores de *S. lycocarpum*.

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 *E. flava*, com 56,2%, seguida por *C. scopipes* com 21,1%, *O. flavescens* 8,4%, *E. fulvofasciata*, 6,2%, *C. analis*, 4,7%, *Ephicaris* sp 0,9%, *Ephicaris maculata* (Smith, 1874) e *Oxaea* sp, 0,6% cada e *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758), *Tetrapedia diversipes* (Klug, 1810), *Eufriesea nigrescens* (Friese, 1923) e *Xylocopa frontalis* (Oliver, 1789), com 0,3% cada.

As abelhas da espécie *E. flava*, algumas vezes voavam ao redor da copa dos arbustos antes de realizar as visitas às flores, porém na maioria das visitas a abelha aproximava-se da flor frontalmente e pousava diretamente sobre o cone das anteras, se posicionando com o abdome voltado para o ápice. Nesse momento elas se agarravam a região mediana dos cones das anteras com as mandíbulas, mas prendiam-se também com os dois pares de pernas (anterior e mediano) ou somente com o par mediano, então curvavam o abdome, deixando a região ventral do tórax e abdome em contato com as anteras e iniciando o movimento vibratório (Figura 3), e neste momento ocorria contato do estigma com a região ventral do seu corpo.



**Figura 3.** Comportamento de forrageio de *Ephicaris flava* para a coleta de pólen nas flores de *Solanum lycocarpum*.

Após cada vibração, a abelha realizava um movimento giratório em torno do cone de anteras, e permanecia vibrando por  $5,9 \pm 1,8$  segundos/flor em média (Tabela 4). Com os movimentos vibratórios, uma grande quantidade de pólen era liberada e ficava aderida na região ventral do tórax e do abdome, além de outras regiões de seu corpo. No entanto ocorria uma perda significativa de grãos de pólen liberados no processo.

Endress (1994) argumenta que anteras que apresentam um único poro conferem maior proteção aos grãos de pólen e reduzem a sua perda, pois direcionam os grãos diretamente para o corpo do polinizador.

Corbet et al. (1982), relatam que campos elétricos que irradiam tanto das plantas como dos polinizadores podem facilitar ou otimizar a polinização. De acordo com Buchmann & Hurley (1978) as forças eletrostáticas são importantes para este tipo de polinização, sendo a abelha carregada positivamente, enquanto o pólen está carregado negativamente, direcionando o fluxo de grãos de pólen para o corpo da abelha, e facilitando a adesão. Estudos realizados por Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger (2006) salientam que estas forças eletrostáticas, além de direcionarem o pólen das anteras para o corpo das abelhas, auxiliam também na transferência do pólen do corpo da abelha para o estigma, favorecendo o processo da polinização.

Após o forrageio, essa abelha era frequentemente observada realizando o comportamento de limpeza e transferindo grãos de pólen aderidos em seu tórax e/ou abdome para suas escopas e voando em seguida para outra flor. No entanto em algumas ocasiões quando ainda estavam agarradas as anteras, elas também transferiam os grãos de pólen de seus abdomes raspando-o com as suas escopas (Figura 4). Após visitar grande parte das flores de um mesmo arbusto a abelha deslocava-se para outra planta.





**Figura 4.** Situação de transferência de grãos pólen por *Ephicaris flava* durante a visita à flor de *Solanum lycocarpum*.

Logo após os primeiros forrageios de *E. flava* nos dois tipos de flores, era possível observar as marcas no cone das anteras, causadas por suas mandíbulas e suas garras tarsais ao se prenderem neste para a coleta de pólen. No final do dia, as anteras passavam a apresentar coloração escura, e a ausência de pólen já era evidente, explicando a redução dos forrageios das abelhas neste período.

Apesar de a corola proporcionar plataforma de pouso, as abelhas pousavam na maioria das vezes, diretamente nas estruturas reprodutivas.

*Centris scopipes* pousavam sobre o cone das anteras, prendendo-se com as mandíbulas e, por meio de intensas vibrações em um tempo médio de  $4,6 \pm 2,2$  segundos/flor, retiravam o pólen das anteras (Tabela 4). Após cada ciclo vibrátil, essas abelhas também levantavam voo e se deslocavam para outras flores. O pedúnculo das flores se inclinava com o peso dessa abelha.

No entanto *C. scopipes* também realizavam voos de reconhecimento sobrevoando em círculos a copa dos arbustos, suas laterais e entre seus ramos antes de pousarem nas flores.

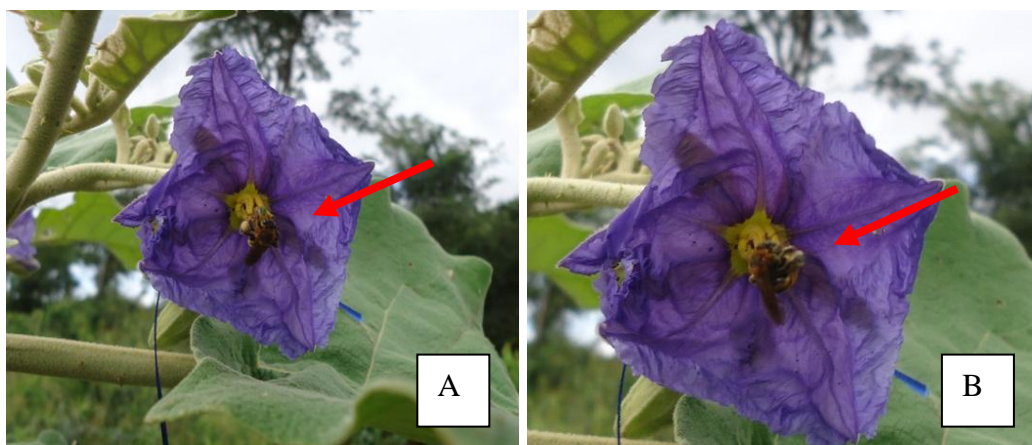
Recentemente Clarke et al. (2013) constataram que indivíduos de *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758) conseguem detectar campos elétricos existente ao redor das plantas e aprender a utilizá-los para decidir se deve ou não visitar flores. Ainda esses autores salientam que as abelhas podem modificar temporariamente a carga elétrica das flores durante suas visitas, sugerindo que propriedades elétricas florais podem ser usadas pelos futuros visitantes para avaliar o valor de recompensa, sem necessidade de investigar a flor.

Possivelmente as flores de *S. lycocarpum* também emitem cargas elétricas, o que explicaria esse comportamento desenvolvido por essas abelhas.

Devido ao tamanho corporal grande tanto *E. flava* e *C. scopipes* conseguiam envolver e vibrar todo o cone de antera. A região ventral do abdome e as escopas dessas abelhas iam tornando-se amarelados com o acúmulo de pólen à medida que várias flores eram visitadas.

A espécie *E. fulvofasciata* apresenta menor porte corporal em relação as outras abelhas, porém também realizou movimentos vibratórios e frequentemente mudava sua posição no cone de anteras, realizando esses movimentos vibratórios no ápice e ao redor do cone (Figura 5 A e 5 B). Os estames eram vibrados em conjunto ou separadamente, e a abelha permanecia  $7,2 \pm 2,2$  segundos/flor em média, um tempo de visita maior do que as abelhas maiores (Tabela 4).

A transferência do pólen depositado na região do tórax e abdome para as escopas era realizada por meio de raspagem com os pares de pernas medianos e posteriores. Machos de *E. fulvofasciata* também foram observados mordendo as laterais dos cones e se alimentando de grãos de pólen e também forrageando com fêmeas na mesma flor.



**Figura 5.** Flores de *Solanum lycocarpum*, na região de Ivinhema-MS: forrageio para a coleta de pólen por *Exomalopsis fulvofasciata* em flor de estilete longo. No ápice do cone de antera (A) e ao seu redor (B).

Coleman & Coleman, (1982) argumentam que em consequência da redução do tamanho corporal das abelhas, aumenta a possibilidade desses organismos recolherem grãos de pólen sem contatar o estigma. No entanto, mesmo as espécies com menor

tamanho corporal, visitantes de *S. lycocarpum*, foram capazes de contribuir com a polinização de suas flores, pois entravam em contato direto com os estigmas das flores de estiles longos, principalmente pelos seus rápidos deslocamentos sobre as estruturas reprodutivas.

As abelhas *O. flavescens* mostraram-se bastante ágeis e voavam rapidamente em torno da copa dos arbustos. Pousavam nas flores e agarravam-se ao cone de anteras, dobravam seu abdome, e ao visitar flores de estilete longo, entravam em contato direto com o estigma. Após esse movimento elas vibravam as anteras por um período médio de  $2,9 \pm 1,1$  segundos/flor (Tabela 4), quando então saíam em voo e pairavam a aproximadamente 10 cm das flores transferindo o pólen aderido ao seu corpo, com o par de pernas mediano para suas escopas (Figura 6).



**Figura 6.** Posição de transferência de grãos de pólen por *Oxaea flavescens* em frente a uma flor de estilete curto.

Tanto as fêmeas quanto os machos apresentam o mesmo comportamento de pouso na flor. Os machos sobrevoavam as flores e ao perceberem a presença de fêmeas também visitando as flores voavam em suas direções, quando então elas rapidamente deixavam de forragear e levantavam voo, entretanto elas continuavam sendo perseguidas pelos machos.

Buchmann & Hurley (1978) salientam que abelhas do sexo masculino geralmente não visitam flores que só oferecem pólen como recurso.

Levando em consideração o comportamento apresentado pelos machos de *O. flavescens*, sugere-se que eles forrageavam as flores de *S. lycocarpum*, como uma

estratégia para a procura de fêmeas e não para a própria alimentação com pólen, uma vez que a flor não oferece néctar como atrativo.

O comportamento apresentado por *Oxaea* sp é semelhante ao desenvolvido por *O. flavescens*, porém a intensidade de suas vibrações era maior.

*Centris analis*, de forma semelhante a *O. flavescens* eram muito ágeis e, durante suas visitas, pousaram sobre o cone de anteras, onde se prendiam com as mandíbulas, curvavam seu abdome, quando também por meio de vibração do tórax, realizavam a coleta de pólen, permanecendo vibrando em média  $2,9 \pm 1,3$  segundos/flor (Tabela 4). Em todas suas visitas ocorria o contato do estigma com a região ventral do corpo. Em *C. analis* *O. flavescens*, o pólen ficava retido na escopa, esterno do tórax, esterno do abdome e nos pêlos do corpo da abelha.

Tanto *E. flava*, *C. scopipes*, *O. flavescens* e *C. analis* apresentam porte corporal grande (Tabela 4) e devido ao comportamento apresentado nas flores, foram consideradas polinizadoras efetivas de *S. lycocarpum*, por meio de polinização esternotríbica (transferência de grãos de pólen da região ventral do mesossoma para os estigmas das flores), sendo que, devido ao comportamento nas flores e ao quantitativo de visitas realizadas as flores ( $6,5 \pm 2,4$ ) *E. flava* foi considerada a principal polinizadora das flores de *S. lycocarpum*.

O comportamento de vibração dos visitantes é essencial para ocorrer a liberação dos grãos de pólen, pois a deiscência poricida das anteras não permite a exposição desse recurso, exigindo maior gasto energético para sua liberação (THORP & ESTE, 1975).

Tal comportamento foi observado para todas as abelhas consideradas como polinizadores efetivos de *S. lycocarpum* (Tabela 4). No entanto, suas visitas eram mais eficientes nas horas iniciais do dia, já que neste período os grãos do pólen eram mais abundantes, facilitando a adesão desses, nos estigmas das flores de estilete longo.

Esse comportamento de coleta no início do dia, reduz o gasto energético na procura por esse recurso e a energia aplicada para vibrar os cones de anteras, pois um número maior de flores apresentavam as anteras cheias de pólen, uma vez que, com o passar do dia, a quantidade de pólen nas anteras diminuía devido ao forrageio intensivo e consequentemente, um maior número de flores precisavam ser visitadas e a intensidade e tempo das vibrações aumentavam demandando um consumo maior de energia pelas abelhas forrageadoras.

**Tabela 4.** Espécies de abelhas visitantes mais frequentes das flores de *Solanum lycocarpum*, classificadas quanto ao comprimento corporal de acordo com Roubik (1989) e quanto ao comportamento de coleta segundo a terminologia de Wile (1963).

Espécies	Comprimento Corporal	Comportamento/ Categoria	Duração da vibração média (segundos)
Apidae			
<i>E. flava</i>	Grande	Po*/Vi	5,9±1,8
<i>C. scopipes</i>	Grande	Po*/Vi	4,6±2,2
<i>E. fulvofasciata</i>	Médio	Po**/Vi/Co/ Mo	7,2±2,2
<i>C. analis</i>	Grande	Po*/Vi	2,9±1,3
Andrenidae			
<i>O. flavescens</i>	Grande	Po*/Vi	2,9±1,1

Po= polinizador; Vi= vibrátil; Co= coletor; Mo= mordedor; \* polinizador efetivo; \*\* polinizador ocasional.

*Tetrapedia diversipes*, em seu forrageio pousou nas pétalas e se deslocou para o cone de anteras, agarrou-o com as mandíbulas e os prendeu com os pares de pernas mediano e posterior, curvou o abdome e vibrou as anteras. O pólen aderido ao corpo da abelha foi recolhido por meio de raspagem com os pares de pernas e depositado em suas escopas.

Tanto *X. frontalis*, *E. maculata* e *Ephicaris* sp em visitas as flores contatavam as anteras e os estigmas com a região ventral do tórax durante a coleta de pólen. Essas espécies apresentaram o comportamento adequado para atuarem como polinizadores, durante o forrageio, porém foram pouco frequentes.

Todas as espécies de abelhas nativas registradas apresentam hábito solitário (MICHENER, 2007) e promoveram a polinização por meio do comportamento de vibrações do cone das anteras e apenas a abelha exótica *A. mellifera*, não apresentou esse comportamento.

Somente dois indivíduos de *A. mellifera* foram observados pousando sobre a corola e coletando grãos de pólen residuais oriundos do forrageio de outras abelhas. A medida que essas abelhas coletavam os grãos de pólen armazenavam-nos em suas corbículas com auxílio do par de pernas mediano. Wille (1963) comenta que espécies que apresentam esse tipo de comportamento enquadram-se no tipo coletor, pelo fato de não provocarem danos à estrutura das anteras.

Como a única recompensa floral oferecida por *S. lycocarpum* aos seus visitantes é o pólen, essa característica pode explicar o fato de apenas dois indivíduos de *A. mellifera* terem sido observados nas flores da planta, pois de acordo com McGregor (1976), esse recurso é mais atrativo para as abelhas nativas do que às abelhas melíferas. Também para Avanzi & Campos (1997), espécies do gênero *Solanum* são frequentemente evitadas tanto por *A. mellifera* como por *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793), porque a guilda de abelhas visitantes desse gênero (*Solanum*) e de outras espécies polinizadas pelo mecanismo vibrátil, é restringida por essa especialização.

De acordo com Vogel (1978) por apresentarem apenas grãos de pólen como recompensa aos polinizadores, as flores de *S. lycocarpum* são enquadradas no tipo flor-pólen. Tanto para Vogel (1978) como para Bernhardt (1996) a busca dos indivíduos por flores que produzem apenas pólen como recompensa de suas visitas, possibilitou ao longo da evolução floral o surgimento das flores de pólen, as quais fornecem para os visitantes florais apenas esse recurso como recompensa de seus forrageios.

Com exceção de *A. mellifera*, esse recurso foi coletado apenas por abelhas solitárias fêmeas, que apresentaram capacidade de vibrar as anteras.

Roubik (1989) argumenta que grãos de pólen são coletados pelas fêmeas e utilizados como fontes de aminoácidos para as suas larvas.

Foi observado que há uma intensa competição intra e interespecífica entre algumas das espécies de abelhas visitantes mais frequentes. Em muitos forrageios, indivíduos de *E. flava* afugentavam outras abelhas que já se encontravam coletando pólen.

*E. fulvofasciata* ao disputar as flores demonstraram ser bastante agressivas e atacavam as outras abelhas co-específicas voando em sua direção, e em muitas ocasiões chegavam expulsar os outros indivíduos mordendo suas asas. Essas abelhas (*E. fulvofasciata*) evitavam forragear nas proximidades das flores onde se encontravam as espécies maiores. Os comportamentos agonísticos (agressividade) aumentavam com o decorrer do dia à medida que os grãos de pólen se tornavam mais escasso.

Ficou evidente que houve uma acentuada sobreposição entre as espécies, ou seja, as formas e os horários que realizavam a coleta de pólen eram bastante semelhantes, havendo sobreposição de diferentes espécies forrageando a mesma fonte de recursos, o que conseqüentemente favoreceu um aumento na competição.

Segundo Jones et al. (2001) a separação das espécies em nichos envolvendo dimensões tais como habitat, nutrientes e tempo, diminui a sobreposição no uso de

recursos e pode reduzir a competição por aumentar a coexistência entre as diferentes espécies.

Esta separação não foi constatada neste trabalho, já que todas as espécies amostradas foram mais frequentes no período matutino. Se a competição pela área de forrageio parece ser desvantajosa para as abelhas, no entanto, a sobreposição das atividades das mesmas pode ser vantajosa para reprodução de *S. lycocarpum*, pois à medida que aumenta a intensidade de forrageios, conseqüentemente a quantidade de pólen aderidos nos estigmas de suas flores, também deverá ser aumentada.

Quanto aos fatores ambientais registrou-se temperatura média de  $30,1 \pm 3,3$  °C durante os dias de avaliação, e umidade relativa do ar de  $49,6 \pm 13,4$  %. A média de luminosidade para os dias de coleta foi de  $12,9 \pm 3,1$  Klux e a de velocidade do vento de  $0,8 \pm 0,4$  m/s, sendo que em todos os dias essa última variável apresentou maiores valores após as 14:h00.

Verificou-se inter-relação entre vários fatores abióticos. A temperatura apresentou correlação positiva significativa com as variáveis horário ( $r = 0,7453$ ;  $p < 0,0001$ ), velocidade do vento ( $r = 0,3302$ ;  $p < 0,0001$ ) e luminosidade ( $r = 0,6074 < 0,0001$ ), e correlação negativa significativa com a umidade ( $r = -0,7591$ ;  $p < 0,0001$ ). A luminosidade apresentou correlação negativa significativa com e a umidade ( $r = -0,4625$ ;  $p < 0,0001$ ). A variável velocidade do vento apresentou correlação positiva significativa com os horários do dia ( $r = 0,2518$ ;  $p < 0,0039$ ) e negativa significativa com a umidade relativa do ar ( $r = -0,3082$ ;  $p < 0,0004$ ). Ocorreu correlação negativa significativa com a umidade relativa do ar e as horas do dia ( $r = -0,6538$ ;  $p < 0,0001$ ).

Estudos relatam que a temperatura, luminosidade e a umidade relativa do ar são os principais fatores abióticos que influenciam no voo das abelhas e vespas (KLEINERT-GIOVANNINI, 1982; CORBET et al., 1993; HILARIO et al., 2000; KASPER et al., 2008).

Estudos realizados por Silveira-Neto et al. (1976) e D'Ávila (2006) apontam que a temperatura e a umidade são os fatores ambientais que mais influenciam a atividade de voo dos insetos. Esses autores salientam ainda que além de influenciarem diretamente o comportamento e indiretamente a alimentação dos insetos, as variações de temperatura também influenciam a produção de pólen pela planta (SILVEIRA-NETO et al. 1976 ; D'ÁVILA, 2006).

Segundo Hilário et al. (2000) os diferentes picos de atividade das abelhas pode ser resultado da influência dos fatores ambientais. Cada espécie de abelha depende de

condições climáticas específicas que estabelecem os limites para a realização do voo de forrageio (CORBET et al., 1993), pois sabe-se que as abelhas iniciam, aumentam ou diminuem o ritmo de seus forrageios sob influências principalmente da temperatura (ROUBIK, 1989), ou seja, elas não conseguem voar se a temperatura estiver muito baixa e se desidratam se a temperatura estiver muito elevada ou, então, se a umidade relativa do ar for muito baixa (KASPER et al., 2008).

Neste trabalho foi observado que os fatores bióticos não foram preponderantes na influenciadas atividades de forrageio dos visitantes florais, visto que a disponibilidade de recursos ao longo dia teve maior influência que os fatores ambientais.

Das 12 espécies de abelhas registradas, foram classificadas como constantes *E. flava* e *C. scopipes*, presentes em todos os dias de coleta (100%), seguidas de *O. flavescens*, *E. fulvofasciata* em 80% das observações e *C. analis*, presentes em 70% da amostra. Foi registrada apenas uma espécie acessória e seis acidentais (Tabela 5).

Mesmo tendo sido amostrado uma alta diversidade de espécies de abelhas a maioria delas (75%) foram classificadas como não predominantes em razão das poucas visitas as flores, tendo sido, juntas responsáveis por apenas 14,3% dos espécimes coletados forrageando nas flores de *S. lycocarpum*.

Três espécies foram consideradas predominantes em visitas às flores, sendo elas respectivamente: *E. flava*, *C. scopipes*, *O. flavescens* (Tabela 5) correspondendo 85,7% dos indivíduos amostrados. A frequência de forrageios realizados por essas abelhas, ao longo do dia foi influenciada principalmente pela disponibilidade de grãos de pólen nas flores. 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.

Estudos realizados por Dutra (2001) apontam que a predominância das abelhas na atividade de forrageio nas flores, é consequência de sua dependência exclusiva dos recursos produzidos por elas tais como o néctar e/ou óleos e pólen, para sua alimentação e de sua prole.



**Tabela 5.** 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	%	A	F	C	D
<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>Ephicaris</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>Oxaea</i> sp	2	0,6	r	pf	z	nd

A = abundância; F = frequência; C = constância, D = dominância; 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.

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

Os movimentos vibráteis que essas abelhas realizaram nos cones das anteras durante seus primeiros forrageios poderiam também ter contribuído para seu aquecimento corporal. Estudos apontam que a temperatura da superfície do tórax dos insetos é maior que das outras partes do corpo, pelo fato dessa região apresentar os músculos de voo, responsáveis pelo aquecimento corporal interno (HARRISON, 1987; ROBERTS & HARRISON, 1999).

Embora seu forrageio tenha sido intensificado com o aumento de luminosidade e umidade relativa do ar e diminuído com o aumento da temperatura e da velocidade do

vento, estas correlações não foram significativas. A pouca influencia dos fatores abióticos sobre essas abelhas deixa claro que a disponibilidade de pólen ao longo do dia teve maior influência em suas atividades.

Para *C. scopipes*, a atividade forrageadora prosseguiu até aproximadamente as 16:h00, estando elas ausentes a partir das 17:h00 (Tabela 6), apresentando correlação positiva significativa com a luminosidade e temperatura e negativa com a umidade relativa do ar e porém de forma não significativa (Tabela 7). Diferentemente de *E. flava* essa espécie intensificou seus forrageios um pouco mais tarde a partir das 8:h00 (Tabela 6). Mesmo iniciando suas atividades em horários distintos ocorreu sobreposição de suas visitas principalmente a partir das 10:h00. As observações comportamentais realizadas levam a sugerir que as atividades de *E. flava* tiveram influencia negativa sobre *C. scopipes*, pois neste período essas abelhas coletavam recurso menos abundante, devido às altas taxas de forrageios da primeira espécie em horários anteriores.

Observou-se um maior número de indivíduos forrageando entre às 12:h00 e às 13:h00 (Tabela 6), quando a média de temperatura era de  $32,1 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ , a umidade relativa do ar de  $41,4 \pm 5,7\%$ , velocidade do vento a  $0,1 \pm 0,7$  m/s e luminosidade de  $15,9 \pm 2,3$  Klux.

*Ephicaris flava* e *C. scopipes* foram as únicas espécies que continuaram mais frequentes após as 12:h00 (Tabela 6), sugerindo que essas abelhas são bastante eficientes na coleta de pólen, pois conseguem explorar anteras com pouca quantidade de grãos. 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 encontram com estigmas receptivos neste período.

*Oxaea flavencens* concentrou suas atividades no período da manhã e apenas um indivíduo foi amostrado após as 12:h00 (Tabela 6). Houve um pequeno aumento de forrageio no intervalo entre 12:h00 e 13:h00, com média de temperatura de  $32,1 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $41,4 \pm 5,7\%$ , velocidade do vento a  $0,1 \pm 0,7$  m/s e luminosidade de  $15,9 \pm 2,3$  Klux.

*Centris analis* também iniciou suas atividades entre às 6:h00 e 7:h00 e não esteve presente nos intervalos entre as 7:h00 e 10:h00, e também entre as 17:h00 e 18:h00 respectivamente (Tabela 6). Esta espécie foi mais frequente entre às 9:h00 e 10:h00 com média de temperatura 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.

Semelhante as outras espécies os forrageios de *Centris* sp e *O. flavencens* não foram influenciados significativamente pelos fatores ambientais avaliados. Levando em consideração que essas espécies também concentraram seus forrageios no período da manhã, sugere-se que a disponibilidade de pólen foi o principal elemento regulador de suas atividades.

Roubik (1989) em seu trabalho também relacionou um pico matutino de coleta de pólen pelas abelhas em resposta à disponibilidade deste recurso.

*Exomalopsis fulvofasciata* apresentou pico de forrageio no intervalo entre as 12:h00 e 13:h00 (Tabela 6), não apresentando correlação significativa com os fatores ambientais (Tabela 7).

*Exomalopsis fulvofasciata* apresenta 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 a intensidade luminosa mais elevada seria mais vantajoso para esses organismos. No entanto, essa espécie iniciou suas atividades nas horas iniciais do dia sugerindo também estratégia de coleta de recurso, quando este é mais abundante.

Alguns trabalhos relatam que as abelhas menores cessam ou diminuem suas atividades em temperaturas mais baixas (HEINRICH & RAVEN, 1972; HEINRICH, 1974; ANTONINI et al., 2005).

*Xylocopa frontalis* foi observada forrageando, somente um dia, no período entre às 6:h00 e 7:h00 (Tabela 6), 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.

As visitas de *T. diversipes* ocorreu apenas entre as 8:h00 e 9:h00 (Tabela 6), com temperatura de 29,0 °C, umidade relativa do ar de 82%, velocidade do vento a 0,8 m/s e luminosidade de 14,6 Klux.

*Apis mellifera* visitou as flores somente no intervalo entre às 9:h00 e 10:h00 (Tabela 6), com temperatura de 27,4 °C, umidade relativa do ar de 51%, velocidade do vento a 1,1 m/s e luminosidade de 11,5 Klux.

As visitas de *E. maculata* ocorreram somente uma vez, entre às 9:h00 e 10:h00 e no intervalo entre às 15:h00 e 16h:00 (Tabela 6), com temperaturas de 27,4° °C e 30,1°C, umidades relativas do ar de 51% e 52%, velocidades do vento 1,1 e 0,1 m/s e luminosidades de 11,47 e 10,9 Klux, respectivamente.

*Ephicaris* sp foi registrada visitando as flores em apenas dois dias de observações no período entre as 8:h00 e 12:h00 (Tabela 6), com temperatura variando

entre 24,0 °C e 33,8 °C, umidade relativa do ar entre 51% e 46%, velocidade do vento 0,5 m/s e 0,6 m/s e com luminosidade entre 10,9 Klux e 16,4 Klux.

*Eufriesea nigrescens* também visitou as flores somente em um dia no intervalo entre 7:h00 e 8:h00 (Tabela 6), com temperatura de 25,5 °C, umidade relativa do ar de 82%, velocidade do vento a 0,0 m/s e luminosidade de 8,5 Klux.

*Oxaea* sp forrageou as flores entre às 9:h00 e 10:h00 horas e no intervalo entre às 15:h00 e 16:h00 (Tabela 6), com temperaturas de 29,0 °C e 33,8 °C, umidades relativas do ar de 50% e 46%, velocidades do vento 0,3 e 0,6 m/s e luminosidades de 14,9 e 16,4 Klux, respectivamente.

Os resultados de correlação obtidos, não apontaram influências marcantes das variáveis ambientais analisadas no padrão de atividades das abelhas. As abelhas eram em sua maioria, de tamanho grande e por esse motivo as condições ambientais provavelmente não se tornaram desfavoráveis ao forrageio desde o início do dia, e também devido às coletas terem sido realizadas em pleno verão, algumas variáveis ambientais não limitavam a atividade das abelhas logo no início do dia,

Estudos relatam que abelhas com essas características podem forragear com alguma independência da temperatura ambiental (HEINRICH & HEINRICH, 1983), e dessa forma conseguem coletar recursos mais abundantes nas horas iniciais do dia (HEINRICH & RAVEN, 1972) o que pode explicar seus padrões de forrageios. Em seu estudo Hilário et al. (2001) salientam que a fisiologia de cada espécie e sua capacidade de controlar a sua temperatura corporal pode ser o principal fator regulador de seus forrageios.

Portanto, pode se inferir que a redução na frequência dos forrageios ao longo do dia se deu principalmente pela escassez dos grãos de pólen devido às altas taxas de coletas no período da manhã, mesmo com os fatores abióticos se tornando mais favoráveis ao longo do dia, as flores não teriam recursos quantitativamente favoráveis para compensar o investimento energético das abelhas em forrageios constantes, mas com baixa recompensa em relação aos mesmos, tornando a avaliação de custo benefício, deficitária.

**Tabela 6.** 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	
<b>Apidae</b>														
<i>A. mellífera</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>E. flava</i>	6	13	24	29	27	20	25	11	7	6	6	5	2	181
<i>C. scopipes</i>	0	1	7	3	8	8	12	9	7	7	6	0	0	68
<i>E. maculate</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
<i>Ephicaris</i> sp	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3
<i>E. fulvofasciata</i>	0	2	2	1	3	3	6	0	1	0	1	1	0	20
<i>E. nigrescens</i>	0	1	0	0	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>X. frontalis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>T. diversipes</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Andrenidae</b>														
<i>O. flavescens</i>	1	3	4	5	1	5	7	1	0	0	0	0	0	27
<i>Oxaea</i> sp	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>44</b>	<b>40</b>	<b>37</b>	<b>53</b>	<b>23</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>322</b>

**Tabela 7.** 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

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação aos eventos fenológicos registrados em *S. lycocarpum* observou-se que os longos períodos 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.

Quanto às estruturas florais, afirma-se que tanto a corola quanto as anteras exerceram atratividade em relação às abelhas, comprovando a importância dessas estruturas na atração isolada ou simultânea nesse processo. Também pode afirmar-se que o tamanho das estruturas das flores se adequam ao tamanho da maioria das espécies de abelhas visitantes, favorecendo o contato direto do corpo das abelhas com as estruturas reprodutivas das flores.

As espécies *E. flava*, *C. scopipes*, *O. flavescens*, *C. analis*, apresentam porte corporal grande e devido ao comportamento apresentado, foram consideradas polinizadores efetivos, sendo elas os visitantes mais frequente das flores de *S. lycocarpum*.

Ficou evidente que houve uma acentuada sobreposição de atividades entre as espécies, ou seja, as formas e os horários que realizavam a coleta de pólen eram bastante semelhantes, havendo sobreposição de diferentes espécies forrageando a mesma fonte de recursos, o que conseqüentemente implicou em um aumento na competição entre elas, favorecendo assim, o processo de polinização em *S. lycocarpum*.

A frequência de forrageios realizados pelas abelhas predominantes, ao longo do dia foi diretamente influenciada pela disponibilidade em abundância de grãos de pólen nas flores e não pelos fatores abióticos.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, C. M. L.; MARTINS, C. F. & MOURA, A. C. A. 1995. Recursos florais utilizados por abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em área de Caatinga (São João do Cariri, Paraíba). *Revista Nordestina de Biologia*, 10:101-117.

AGUILAR, R.; ASHWORTH, L.; GALETTO, L. & AIZEN, M. 2006. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: Review and synthesis through a meta analysis. *Ecology Letters*, 9:968-980.

ALBUQUERQUE, L.B., VELÁZQUEZ, A. & VASCONCELLOS-NETO, J. 2006. Composição florística de Solanaceae e suas síndromes de polinização e dispersão de sementes em florestas mesófilas neotropicais. *Interciência*, 31: 807-816.

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

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E.; SANO, S. M. & RIBEIRO, J. F. 1998. Cerrado: Espécies vegetais úteis, 1ª Ed, Planaltina: EMBRAPA – CPAC. p. 464.

ANTONINI, Y.; SOUZA, H. G.; JACOBI, C. M. & MURY, F. B. 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.

AUGSPURGER, C. K. 1981. Reproductive synchrony of a tropical plant: experimental effects of pollinators and seed predators on *Hybanthus prunifolius* (Violaceae). *Ecology*, 62:775-788.

AVANZI, M. R. & CAMPOS, M. J. O. 1997. Estrutura de guildas de polinização de *Solanum aculeatissimum* Jacq e *S. variabile* Mart, (Solanaceae). *Revista Brasileira de Biologia*, 57:247-56.



- 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.
- 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. 1990. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecological Systems*, 21:399-422.
- 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.
- BENCKE, C. S. C. & MORELLATO, P. C. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira Botânica*, 25:269-275.
- BERNHARDT, P. 1996. Anther adaptation in animal pollination. In: *The anther* (D'ARCY, W. G. & KEATHING, R. C., eds.). Cambridge University Press. p. 192-220.
- BEZERRA, E. L. S. & MACHADO, I. C. 2003. Biologia floral e sistema de polinização de *Solanum stramonifolium* Jacq. (Solanaceae) em remanescente de Mata Atlântica, Pernambuco. *Acta Botanica Brasilica*, 17:247-257.
- 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. 2006. Parallel Declines in Pollinators and Insect-pollinated Plants in Britain the Netherlands. *Science*, 313:351-354.
- 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. & HURLEY, J. P. 1978. A biophysical model for buzz pollination in angiosperms. *Journal of Theoretical Biology*, 72: 639-657.

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.

CAMPOS, J. M. 1994. O eterno plantio: um reencontro com a natureza. 1ª Ed, São Paulo: Pensamento. p. 250.

CASTRO, C. C. & OLIVEIRA, P. E. 2002. Pollination biology of distylous Rubiaceae in the Atlantic Rain Forest, SE Brazil. *Plant Biology*, 4:640-646.

CHACOFF, N. P. & AIZEN, M. A. 2006. Edge effects on flower visiting insects in grape fruit plantations bordering premontane and subtropical forest. *Journal of Applied Ecology*, 43:18-27.

CLARKE, D.; WHITNEY, H.; SUTTON, G. & ROBERT, D. 2013. Detection and learning of floral electric fields by bumblebees. *Science*, 340:66-69.

COLEMAN, J. R. & COLEMAN, M. A. 1982. Reproductive biology of andromonoecious *Solanum* (*Solanum palinacanthum* Dunal). *Biotropica*, 14:55-87.

CORBET S. A.; BEAMENT J. & EISIKOWITCH, D. 1982. Are electrostatic forces involved in pollen transfer?. *Plant Cell and Environment*, 5:125-129.

CORBET, S. A.; FUSSEL, M.; AKE, R.; FRASER, A.; GUNSON, C.; SAVAGE, A.; & SMITH, K. 1993. Temperature and pollination activity of social bees. *Ecological Entomology*, 18:17-30.

CORBET, S. A.; WILLIAMS, I. H. & OSBORNE, J. L. 1991. Bees and pollination of crops and wild flowers in the European Community. *Bee World*, 72:47-59.

- CORRÊA, M. P. 1984. Dicionário de plantas úteis do Brasil e exóticas cultivadas. Brasília: Ministério da Agricultura/Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. v. 6. p. 747.
- 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.
- COUTO, R. H. N. & COUTO, L. A. 2002. Apicultura: manejo e produtos, 2ª Ed, Jaboticabal: FUNEP. p. 191.
- 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.
- DAFNI, A. 1992. Pollination ecology: a practical approach (the practical approach series). New York, Oxford: University press. p. 250.
- D'AVILA, M. 2006. Insetos visitantes florais em áreas de cerrado e cerrado *sensu stricto* no Estado de São Paulo. Tese Doutorado (Entomologia), Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. p. 130.
- DUTRA, J. C. S. & MACHADO. V. L. L. 2001. Entomofauna visitante de *Stenolobium stans* (Juss.) (Bignoniaceae), durante seu período de floração. *Neotropical Entomology*, 30:43-53.
- ENDRESS, P. K. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers, Cambridge University Press, Cambridge, UK. p. 407.
- FAEGRI, K. & PIJL, V. D. 1979. The principles of pollination ecology, Pergamon Press, Oxford, UK. p. 127.
- FAHRIG, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34:487-515.
- FRANKEL, R. & GALUN, E. 1977. Pollination Mechanisms, Reproduction and Plant Breeding. Springer Verlag, Berlin. p. 281.

GANDERS, F. R. 1979. The biology of heterostyly. *New Zealand Journal of Botany*, 17:607-635.

GOTTSBERGER, G. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 2006. Life in the cerrado: a South American Tropical Seasonal Vegetation. Vol II: Pollination and Seed Dispersal (1st Ed). Reta Verlag, Ulm. p. 384.

HARRISON, J. M. 1987. Roles of individual honeybee workers and drones in colonial thermogenesis. *The Journal of Experimental Biology*, 129:53-61.

HARTER, B.; LEISTIKOW, C.; WILMS, W.; TRUYLIO, B. & ENGELS, W. 2002. Bees collecting pollen from flowers with poricidal anthers in a south Brazilian Araucaria forest: a community study. *Journal of Apicultural Research*, 40:9-16.

HENRICH, B. 1974. Thermoregulation in endothermic insects. *Science*, 185:747-756.

HEINRICH, B. & HEINRICH, M. J. E. 1983. Size and caste in temperature regulation by bumblebees. *Physiological Zoology*, 56: 552-562.

HEINRICH, B. & RAVEN, P. H. 1972. Energetics and pollination ecology. *Science*, 176:597-602.

HILÁRIO S. D.; IMPERATRIZ-FONSECA V. L. & KLEINERT A. M. P. 2000. Flight activity and colony strength in the stingless bee *Melipona bicolor bicolor* (Apidae, Meliponinae). *Revista Brasileira de Biologia*, 60:299-306.

HILÁRIO, S. D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. & KLEINERT, A. M. P. 2001. Responses to climatic factors by foragers of *Plebeia pugnax* Moure (In Litt.) (Apidae, Meliponinae). *Revista Brasileira de Biologia*, 61:191-196.

JOHNSON, S. D. & STEINER, K. E. 2000. Generalization versus specialization in plant pollination systems. *Trends in Ecology and Evolution*, 15:140-143.

JONES, M.; MANDELIK, Y. & DAYAN, T. 2001. Coexistence of temporally partitioned spiny mice: roles of habitat structure and foraging behavior. *Ecology*, 82:2164-2176.

KASPER, M. L.; REESON, A. F.; MACKAY, D. A. & AUSTIN, A. D. 2008. Environmental factors influencing daily foraging activity of *Vespula germanica* (Hymenoptera, Vespidae) in Mediterranean Australia. *Insectes Sociaux*, 55:288-295.

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

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

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 USA*, 99:16812-16816.

KRUNIĆ, M. D. & STANISAVLJEVIĆ, L. Z. 2006. The biology of European orchard bee *Osmia cornuta* (Latr.) (Hymenoptera: Megachilidae). Faculty of Biology of University of Belgrade, Belgrade, Serbia. p. 137.

LIRA, S. A. 2004. Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações. Dissertação de mestrado (Métodos Numéricos em Engenharia dos Setores de Ciências Exatas), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. p. 196.

MARQUES, M. C. M. & OLIVEIRA, P. E. A. M. 2004. 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*, 27:713-723.

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. p. 128.

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

MICHENER, C. D. 1962. An interesting method of pollen collecting by bees from flowers with tubular anthers. *Revista de Biologia Tropical*, 10:167-175.

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

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

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. p. 97.

NEFF, J. L. & SIMPSON, B. B. 1993. Bees pollination system and plant diversity. In: *Hymenoptera and Biodiversity* (LA SALLE, J. & GAULD, I. D. eds.). CAB, International, London. p. 143-167.

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

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. 2010. A polinização por vibração. *Oecologia australis*, 14: 140-151.

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. Hil.) durante o amadurecimento. *Ciência e Agrotecnologia*, 27:846-851.

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

OLLERTON, J.; ALARCONN, R.; WASER, N. M.; PRICE, M. V.; WATTS, S.; CRANMER, L.; HINGSTON, A.; PETER, C. I. & ROTENBERRY, J. 2009. A global test of the pollination syndrome hypothesis. *Annals of Botany*, 103:1471-1480.

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

PRIMACK, R. B. 1980. Phenological variation within natural populations: flowering in New Zealand montane shrubs. *Journal of Ecology*, 68:849-862.

PROCTOR, M., YEO, P. & LACK, A. 1996. *The natural history of pollination*. London: The Bath Press. p. 479.

RADFORD, A. E.; DICKINSON, W. C.; MASSEY, J. R. & BELL, C. R. 1974. *Vascular plant systematics*, Harper & Row Publishers, New York. p. 891.

RAMÍREZ, N.; GIL, C.; HOKCHE, O.; SERES, A. & BRITO, Y. 1990. Biología floral de una comunidad arbustiva tropical en la Guayana Venezolana. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 77:1260-1271.

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

RICHARDS, J. H. & KOPTUR, S. 1993. Floral variation and distyly in *Guettarda scabra* (Rubiaceae). *American Journal of Botany*, 80:31-40.

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

ROBERTS, S. & HARRISON, J. F. 1999. Mechanisms of the stability during flight in the honeybee *Apis mellifera*. *The Journal of Experimental Biology*, 202:1523-1533.

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. p. 96.

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

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D. & VILLA NOVA, N. A. 1976. Manual de ecologia dos insetos. São Paulo: Agronômica Ceres. p. 149.

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. p. 640.

SOUZA, M. M.; PEREIRA, T. N. S. & MARTINS, E. R. 2002. Microsporogênese e microgametogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera e viabilidade polínica em maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa degener*). *Ciência e Agrotecnologia*, 26:1209-1217.

STEFFAN-DEWENTER, I. & WESTPHAL, C. 2008. The interplay of pollinator diversity, pollination services and landscape change. *Journal of Applied Ecology*, 45:737-741.

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.; LESTER, R. N. & SKELDING, A. D. eds.). Academic Press, London. p. 385-397.



TRORP, R. W. 2000. The collection of pollen by bees. *Plant Systematics and evolution*, 222: 211-223.

THORP, R. W. & ESTES, J. R. 1975. Intrafloral behavior of bees on flowers of *Cassia fasciculata*. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 48:175-184.

VITALI, M. J. & MACHADO, V. L. L. 1994. Visitantes florais de *Murra exotica* L, (Rutaceae). *Semina*, 15:153-169.

VOGEL, S. 1983. Ecophysiology of zoophilic pollination. In: *Physiological plant ecology*, III (LANGE, O. L.; NOBEL, B. S. OSMOND, C. B. & ZIEGLER, H. eds.). *Encyclopedia of Plant Physiology*, Berlin, Springer. p. 799.

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

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

WADDINGTON, K. D. 1983. Foraging behavior of pollinators. In: *Pollination biology* (REAL, L. ed.). Orlando: Academic Press. p. 213-239.

WASER, N. M.; CHITTKA, L.; PRICE, M. V.; WILLIAMS, N. M.; OLLERTON, J. 1996. Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology*, 77:1043-1060.

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