

Diversidade de visitantes florais e potenciais polinizadores de *Solanum lycopersicum* (Linnaeus) (*Solanales*: *Solanaceae*) em cultivos orgânicos e convencionais

Diversity of flower visitants and potential pollinators of *Solanum lycopersicum* (Linnaeus) (*Solanales*: *Solanaceae*) in organic and conventional crops

Aline Borba dos Santos¹
alineborba@usp.br

Fábio Santos do Nascimento¹
fsnascim@usp.br

Resumo

Estudos sobre os impactos da atividade agrícola são importantes para a conservação da entomofauna. Pouco se conhece sobre esses impactos no estado de Sergipe. O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento dos insetos visitantes em cultivos orgânicos e convencionais de tomateiro, identificando os agentes polinizadores e verificando possíveis diferenças existentes entre estas formas de cultivo. As espécies coletadas foram identificadas e classificadas. Foram encontradas seis ordens, com destaque para a Hymenoptera, ordem dos polinizadores das flores de tomate. O número de indivíduos foi 76% maior nas propriedades orgânicas, o que demonstra que os produtos utilizados nas culturas convencionais provavelmente afetam a diversidade da entomofauna.

Palavras-chave: polinizadores, *buzz pollination*, agroecossistemas.

Abstract

Studies on the impacts of agricultural activities are important for the conservation of insect. Little is known about these impacts in the state of Sergipe. The objective was to survey the insect visitors in organic and conventional tomato crops pollinators identifying and verifying possible differences between these forms of cultivation. The species collected were identified and classified. We found six orders, with emphasis on Hymenoptera, the order of pollinating the flowers of tomato. The number of individuals was 76% higher in organic fields, which shows that the products used in conventional crops are likely to affect the diversity of insect.

Key words: pollinators, *buzz pollination*, agroecosystems

¹ Laboratório de Comportamento e Ecologia de Insetos Sociais, Departamento de Biologia, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP), Universidade de São Paulo, Av. Bandeirantes, n° 3900, 14040-901, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

Introdução

O uso de terras para a agricultura é uma das maiores causas da diminuição dos ecossistemas naturais e da biodiversidade global (Banaszak, 1978; Vitousek *et al.*, 1997; Vandermeer *et al.*, 1998; Lambin *et al.*, 2001; Robinson e Sutherland, 2002; Morandin e Winston, 2005; Gabriel e Tscharrntke, 2007).

Por alterarem muito o ambiente, as atividades agrícolas desestabilizam serviços dos ecossistemas, como a polinização (Daily, 1997), essencial para a sobrevivência das angiospermas (Corbet *et al.*, 1991; Buchmann e Nabhan, 1996; Slaa *et al.*, 2006) e para o benefício de áreas naturais e agrícolas, contribuindo para a produção. No entanto, a polinização raramente é considerada durante o planejamento de um cultivo (Morandin e Winston, 2005). A interferência destas áreas está sendo analisada sob diversas formas em relação às comunidades de insetos que vivem associadas. Como exemplo, citam-se as abelhas, que são mais ricas e abundantes nas áreas orgânicas que nas tradicionais (Kremen *et al.*, 2004; Greenleaf e Kremen, 2006). Esta riqueza ocorre pelo não uso de fertilizantes minerais e pesticidas e pela frequente rotação de culturas (van Elsen, 2000; Bengtsson *et al.*, 2005; Hole *et al.*, 2005; Gabriel e Tscharrntke, 2007). Em meio às diversas culturas agrícolas beneficiadas pela polinização está o tomateiro (Slaa *et al.*, 2006; Montemor e Souza, 2009), que tem o pólen como único atrativo para seus visitantes, apresentando pouco ou nenhum néctar (McGregor, 1976). As flores do tomate em ausência de vibração não produzem frutos. Essa característica é comum a muitas espécies de Solanaceae, que necessitam de polinizadores especializados para realizar a vibração, como as abelhas *Melipona quadrifasciata*, que movimentam sua musculatura vibrando as flores, o chamado *buzz pollination* (Del Sarto *et al.*, 2005; Castro *et al.*, 2006).

Devido aos impactos causados pela

agricultura na população de visitantes florais, mantenedora da biodiversidade, buscou-se aqui comparar cultivos orgânicos e convencionais nos municípios de Itabaiana e Areia Branca, SE, Brasil. O estudo foi realizado por meio do levantamento dos insetos visitantes de culturas de tomateiro, avaliando-se a diversidade, a frequência, a constância e a dominância de visitantes florais e identificando-se os efetivos agentes polinizadores entre estas áreas.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido em cultivos abertos, orgânicos e convencionais, nas cidades de Itabaiana e Areia Branca, Sergipe, Brasil, entre março e novembro de 2008. Foram escolhidos quatro campos de produção orgânica e quatro de produção convencional. Os cultivos orgânicos escolhidos apresentavam certificação obtida pela Secretaria de Estado da Agricultura. Os tomateiros estavam dispostos com espaçamento de 60 cm entre as plantas e 100 cm entre as linhas.

Cultivos orgânicos: identificação e localização. Sítio Prata (área 1: 10°46'325S, 37°19'103W, altitude 174 m; área 2: 10° 46.407S, 37°19.102W, altitude 173 m). Sítio Nossa Senhora Sant'Anna (área 1: 10°47'322S, 37°22'759W, altitude 221; área 2: 10°47'304S, 37°22'724W, altitude 220m).

Cultivos tradicionais: identificação e localização. Hortaliça São José (10°47'160S, 37°23'841W, altitude 190m). Hortaliça Ezequiel (10°45'692S, 37°19'120W, altitude 178 m). Sítio Serra Comprida (10° 48' 098S, 37° 23' 388W, altitude 206m). Sítio Nossa Senhora Sant'Anna-2 (10°47'392S, 37°22'688W, altitude 220m).

Coleta, acondicionamento e identificação dos visitantes florais. Foram realizadas coletas semanais entre 8h e

12h entre 14h e 17h, com intervalos de 30 minutos. As coletas foram realizadas durante períodos de floração, observando-se a ação realizada pelos visitantes florais.

O período de floração variou, principalmente, entre os cultivos orgânicos, uma vez que os proprietários da região trabalham em um sistema de associação, no qual não pode haver produção simultânea em diferentes propriedades. Em cada planta as flores permaneciam abertas por cerca de 5 dias, o que foi possível comprovar através de marcação e observação constante das flores. Foram escolhidas duas variedades de tomate: cajá e cereja.

Após, os visitantes florais coletados foram identificados no Laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Sergipe. Parte das abelhas coletadas foi depositada no Laboratório de Sistemática de Insetos da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Análises. A frequência dos indivíduos foi comparada entre as áreas. A diversidade entre as áreas foi analisada com Shannon-Wiener (H') (Magurran, 1988); a constância, calculada através da porcentagem de ocorrência das famílias. A dominância foi obtida pelo índice de Berger-Parker, usando-se o software Biodap.

O período de maior visitação foi calculado através do número de visitantes coletados a cada intervalo. Para o quociente de similaridade entre as áreas usou-se o coeficiente de Jaccard. A similaridade entre as áreas foi obtida através do coeficiente de similaridade de Sorensen (Cs). O teste Qui-quadrado foi usado para verificar diferenças significantes entre o número de indivíduos observados e esperados (Sokal e Rolf, 1995).

As curvas de acumulação foram construídas através de 100 curvas geradas pelo acréscimo aleatório das amostras, através do software EstimateS 8.2 (Colwell, 2006). Esta análise é um método para avaliar quanto o inventário faunístico se aproxima da riqueza total da área em estudo (Santos,

2003). Os estimadores Chao 1, Jacknife 1 e ICE estimaram a riqueza baseada na ocorrência de espécies raras na amostra (Santos, 2003). A análise das curvas de rarefação, que permite comparar a riqueza dos indivíduos em amostras de tamanhos diferentes, foi realizada a partir da riqueza de abelhas em função da abundância comum entre áreas.

Resultados

Foram coletados 248 visitantes florais nas propriedades orgânicas e 79 nas propriedades tradicionais, totalizando 327 insetos distribuídos em 25 famílias e 6 ordens: Hymenoptera (63,19%), Lepidoptera (5,21%), Diptera (10,42%), Coleoptera (19,22%), Hemiptera (0,98%) e Orthoptera (0,98%). A família mais abundante nos cultivos orgânicos foi Apidae, representando 48,76% do total da amostra, seguida pela família Chrysomelidae, com 19,01%. Já nos cultivos tradicionais foram encontradas em maior abundância as famílias Apidae 30,77% e Vespidae 18,46%.

Dentre as abelhas coletadas, estão as seguintes espécies: *Apis mellifera scutellata*, *Bombus aff. brevillus*, *Centris tarsata*, *Partamona* sp., *Tetragonisca angustula*, *Trigona fulviventris*, *Trigona fuscipennis*, *Trigona spinipes*, *Xylocopa muscaria*, *Exomalopsis analis*, *Exomalopsis auropilosa*, *Exomalopsis* sp., *Tetrapedia diversipes*, *Augochlora* sp., *Augochloropsis* sp., *Dialictus* sp., *Pseudaugochlora graminea*.

De modo geral, as propriedades orgânicas apresentam um elevado número de visitantes florais, comparadas às áreas tradicionais. A comparação destas áreas pelo índice de Jaccard e Sorenson demonstrara que as áreas exibiram alta variação quantitativa (Tabela 1). As análises permitem afirmar também que as áreas orgânicas apresentaram mais indivíduos do que o esperado, ao contrário das áreas convencionais, principalmente entre a família Apidae, onde se encontram as abelhas capazes de polinizar as flores

de tomateiro (Figura 1).

As curvas de acumulação de famílias e os estimadores de riqueza evidenciaram um aumento no número de famílias nos cultivos orgânicos (Figura 2). Nestas áreas, a curva de acumulação mostrou tendência de estabilização, indicando que o incremento no esforço amostral não representaria aumento significativo de espécies, fato confirmado pelos estimadores de riqueza. A curva de rarefação permitiu observar que o cultivo orgânico foi significativamente mais rico do que o tradicional (Figura 3).

A maior frequência de visitação ocorreu por volta das 9h, tornando-se escassa após as 12h. Segundo observações em campo, as flores dos tomateiros se mantêm abertas constantemente, por um período médio de cinco dias.

A maioria dos insetos foi coletada entre agosto e outubro, com uma queda relevante entre os meses de maio e julho, período com os maiores índices pluviométricos na região.

Discussão

Apesar da ocorrência de insetos da mesma ordem nos dois tipos de cultivos, maior quantidade e diversidade de espécies de insetos ocorreram no cultivo orgânico, o que tem relação com a qualidade do ambiente onde foram coletados. Para Brower & Van Loon (1984), a diversidade de espécies em um determinado local permite analisar o desgaste da área, relacionando-se com o equilíbrio dinâmico do ecossistema.

A tomaticultura, de acordo com Bettiolli *et al.* (2004), representa um excelente modelo de comparação entre sistemas orgânicos e convencionais pelo intenso uso de insumos. No presente estudo foi verificado que o número de espécies nas propriedades orgânicas é superior ao das propriedades tradicionais. Isto pode ter relação com o uso desses insumos, embora outros elementos possam influenciar, a exemplo do entorno.

Os visitantes florais, nas propriedades de cultivo orgânico, são essenciais

para compensar a não utilização dos produtos sintéticos (Drinkwater *et al.*, 1995), porque a visitação, mesmo daqueles que não atuam como polinizadores, auxilia na liberação do pólen, aumentando, assim, a produção.

O repelente mais utilizado nos cultivos orgânicos é o extrato de Nim, feito pelos próprios produtores, seguindo normas vigentes da associação de produtores orgânicos. É aplicado de uma a duas vezes durante todo o ciclo da cultura. Nas tradicionais, há uma diversidade de produtos que são aplicados até três vezes na semana, até o final da produção.

O número de indivíduos pertencentes às ordens Hymenoptera e Coleoptera foi elevado em ambas as propriedades; já os dípteros, apenas nas propriedades orgânicas. Carvalho *et al.* (1991) relacionam o número de dípteros com o período de altas temperaturas, embora outros fatores possam estar influenciando na região dos trópicos (Wolda, 1988). Foi observado que os coleópteros coletados estavam visitando as flores em busca de alimentos, destruindo partes dos vegetais, sendo, portanto, considerado pelos produtores uma “praga agrícola”.

Entre os himenópteros, a família Halictidae tem uma tendência a aumentar a proporção de espécies nas áreas com distúrbios (Laroca *et al.*, 1982). Entretanto, no presente estudo as propriedades convencionais apresentaram apenas 6% a mais de indivíduos.

O período de maior frequência de visitação coincidiu com o período em que, segundo Del Sarto (2005), as flores do tomateiro encontram-se completamente abertas. Já a variação apresentada pelos insetos nos períodos de maior intensidade de chuva tem relação comportamental. Os insetos buscam áreas em que não haja excesso ou falta de umidade, evitando dessecação, proliferação de doenças ou afogamento (Gallo *et al.*, 2002).

Nas espécies de solanáceas, o tipo de polinização mais comum é a melitofilia (Albuquerque *et al.*, 2006). Este fato foi confirmado pelas observações, já que os

Tabela 1. Resultado das análises dos visitantes florais coletados durante as observações em plantações de tomateiro (quatro áreas convencionais e quatro tradicionais).

Table 1. Results of analysis of floral visitors collected during observations in tomato crops (four conventional and four traditional areas).

	Orgânico	Convencional
Número de indivíduos (N)	243	74
Número de famílias	19	15
Shannon-Winer index	1,78	1,95
Beger-Parker index	0,48	0,40
Jaccard measure (Org x Conv)		0,36
Sorenson measure (Org x Conv)		0,42

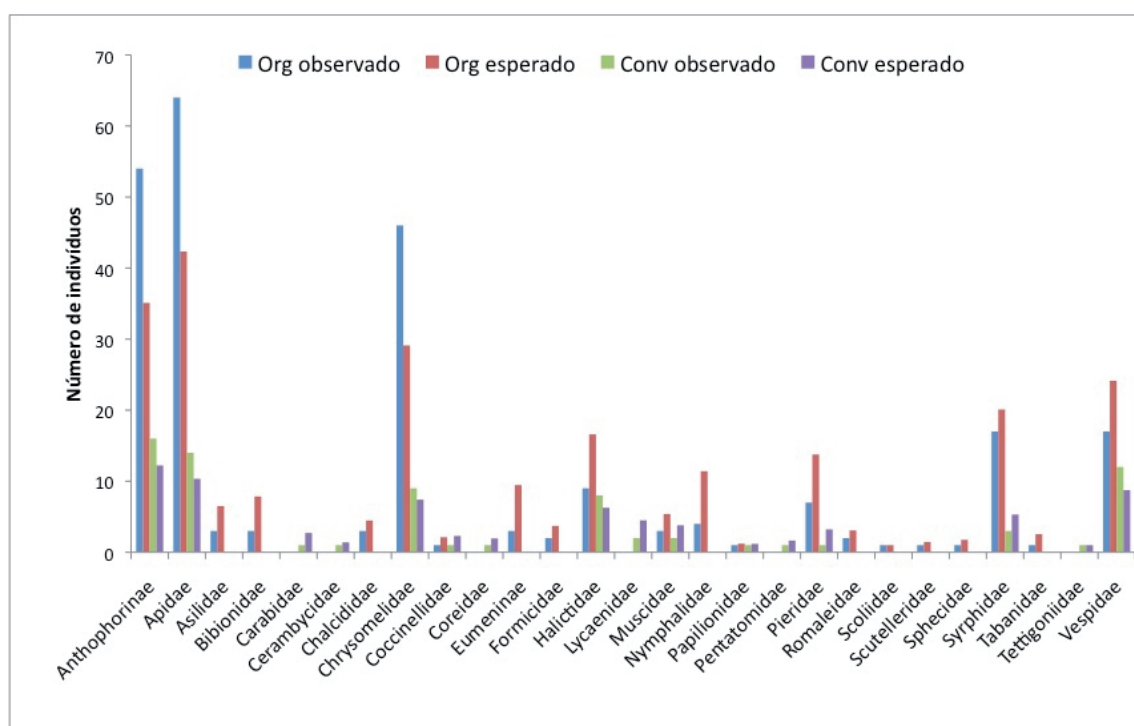


Figura 1. Número de indivíduos observados e esperados entre as 24 famílias de insetos coletados visitando flores de tomateiros em cultivos orgânicos e tradicionais.

Figure 1. Number of observed and expected individuals belonging to 24 families and 1 subfamily of insects visiting flowers of tomato plants in organic and traditional farming

polinizadores encontrados foram abelhas (Ordem Hymenoptera) capazes de vibrar as flores. Os demais insetos foram classificados como herbívoros ou apenas visitantes, que podem causar queda ocasional do pólen sobre o estigma.

Dentre as abelhas consideradas vibradoras estão aquelas pertencentes às famílias Andrenidae, Apidae (exceto *Apis*), Colletidae, Halictidae e Mega-

chilidae (Michener, 1962; Wille, 1963; Buchmann e Hurley, 1978; Harter *et al.*, 2002; Nunes-Silva *et al.*, 2010).

As abelhas vibradoras foram encontradas em maior quantidade nos cultivos orgânicos. Este fato corrobora os estudos de Kremen *et al.* (2004) e Greenleaf e Kremen (2006), nos quais foi observado uma maior riqueza de espécies nas propriedades orgânicas.

Em meio aos polinizadores de tomateiros, destacam-se as abelhas do gênero *Bombus*, utilizadas em casas de vegetação na Europa e nos Estados Unidos (Delaplane e Mayer, 2000; Banda e Paxton, 1991; Dogterom *et al.*, 1998; Morandin *et al.*, 2001a, 2001b; Kevan *et al.*, 1991; Nunes-Silva *et al.*, 2010). Estudos têm apontado outras abelhas como polinizadores de tomateiros, a

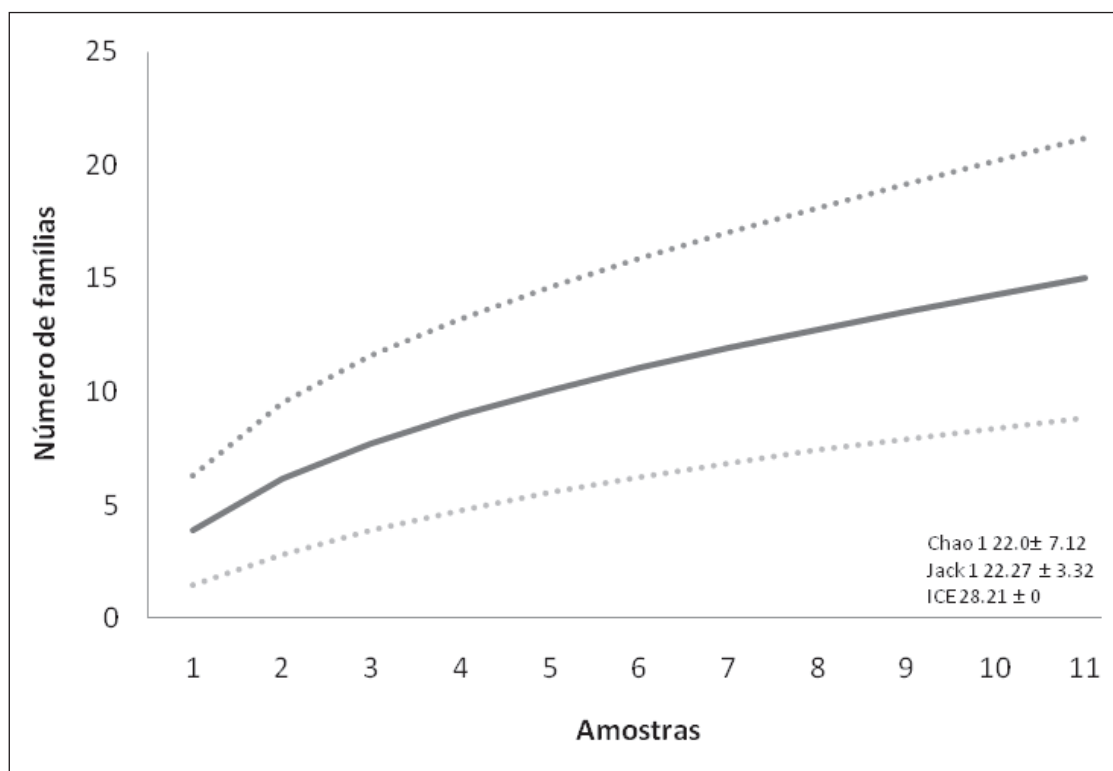
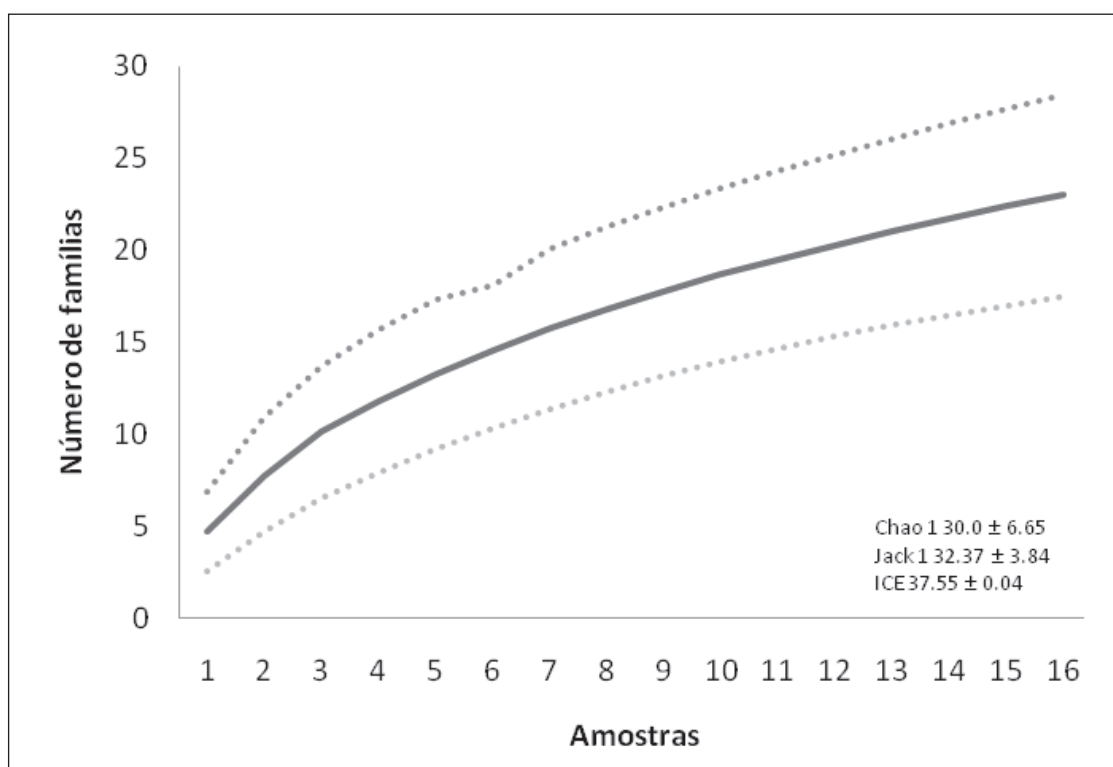


Figura 2. Curvas de acumulação das famílias e estimadores de riqueza dos visitantes florais coletados nas propriedades orgânicas (A) e nas propriedades tradicionais (B). As linhas contínuas representam a curva média e as linhas tracejadas a variação em torno da curva média.

Figure 2. Curves of accumulation of families and richness estimators of floral visitors collected on organic farms (A) and the traditional properties (B). The solid lines represent the mean curve and the dashed lines the variation around the mean curve.

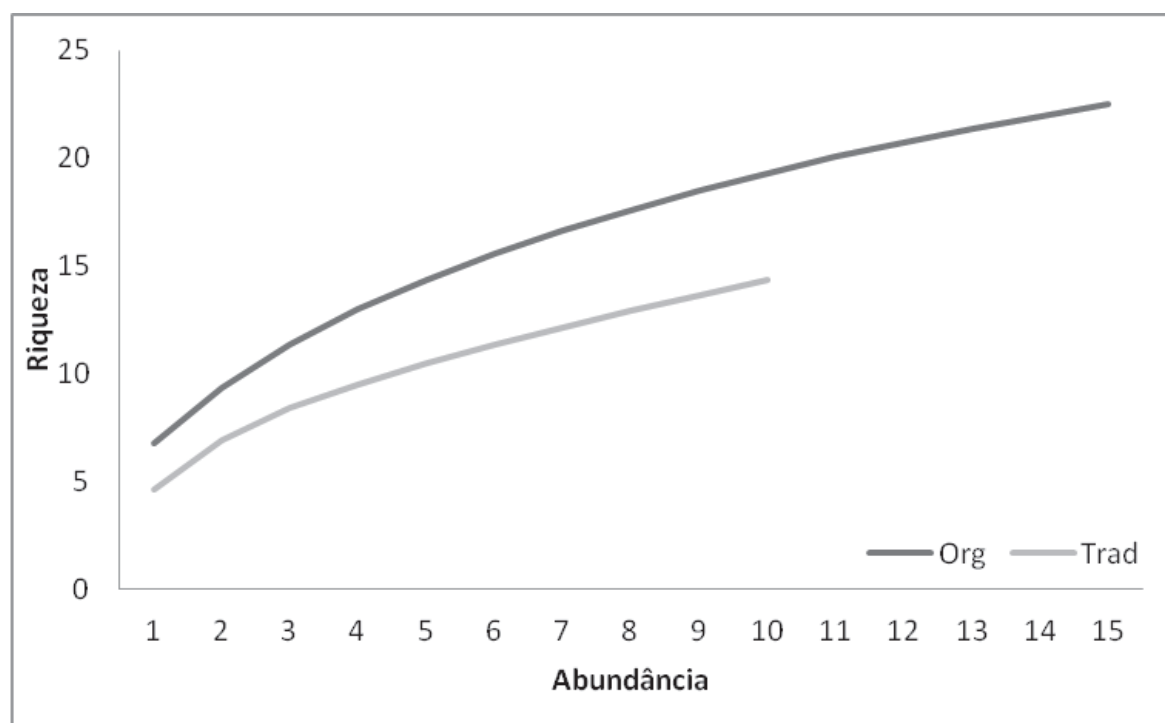


Figura 3. Riqueza estimada de visitantes florais nas propriedades orgânicas e tradicionais pelo método de rarefação para o total de indivíduos amostrados entre os meses de março e novembro de 2008.

Figure 3. Estimated richness of floral visitors in organic and traditional farms by rarefaction method to the total individuals sampled between the months of March and November 2008.

exemplo da *Melipona quadrifasciata* (Del Sarto *et al.*, 2005; Bispo dos Santos *et al.*, 2009), *Nannotrigona perilampoides* (Cauch *et al.*, 2004; Palma *et al.*, 2008), *Xylocopa (Lestis) spp* (Hogendoorn *et al.*, 2000) e *Amegila chlorocyanea* (Hogendoorn *et al.*, 2006).

A intensidade da vibração tem relação com a quantidade de pólen transferido para o estigma, resultando no tamanho do tomate produzido (Morandin *et al.*, 2001b; Nunes-Silva *et al.*, 2010). Nem todas as abelhas coletadas podem assim ser consideradas. Aquelas que não são capazes de vibrar as flores visitam as flores para coletar o pólen deixado sobre as pétalas (Wille, 1963; Thorp, 2000; Harter *et al.*, 2002; Bezerra e Machado, 2003; Gottsberger e Silberbauer-Gottsberger, 2006; Nunes-Silva *et al.*, 2010) ou, ainda, são abelhas mordedoras de partes florais (Gottsberger e Silberbauer-Gottsberger, 1988; Carvalho e Oliveira, 2003; Nunes-Silva *et al.*, 2010).

Referências

- 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. *Interciencia*, **3**:807-816.
- BANASZAK, J. 1978. The importance of bees Apoidea as pollinators of crop plants. *Wiadomości Ekologiczne*, **24**:225-248.
- BANDA, H.J.; PAXTON, R.J. 1991. Pollination of greenhouse tomatoes by bees. *Acta Horticulturae*, **288**:194-198.
- BENGTSOON, J.; AHNSTRÖM, J.; WEIBULL, A.C. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, **42**:261-269. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01005.x>
- BETTIOLL, W.; GHINI, R.; GALVÃO, J.A.H.; SILOTO, R.C. 2004 Organic and Conventional Tomato Cropping Systems. *Scientia Agrícola*, **61**:253-259. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162004000300002>
- 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 Botânica Brasileira*, **17**:247-257. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062003000200007>
- BISPO DOS SANTOS, S.A.; ROSELINO, A.C.; HRNCIR, M.; BEGO, L.R. 2009. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). *Genetics and Molecular Research*, **8**:751-757. <http://dx.doi.org/10.4238/vol8-2kerr015>
- BROWER, J.J.; VAL LOON, A.J. 1984. *Field and laboratory methods for general ecology*. Dubuque, Blackwell Science, 226 p.
- BUCHMANN, S.L.; HURLEY, J.P. 1978. A biophysical model for buzz pollination in angiosperms. *Journal of Theoretical Biology*, **72**:639-657. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-5193\(78\)90277-1](http://dx.doi.org/10.1016/0022-5193(78)90277-1)
- BUCHMANN, S.L.; NABHAN, G.P. 1996. *The Forgotten Pollinators*. Washington, Island Press, 292p.
- CARVALHO, D.A.; OLIVEIRA, P.E. 2003. Biologia reprodutiva e polinização de *Senna sylvestris* (Vell.) H.S. Irwin & Barneby (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Botânica*, **26**:319-328.
- CARVALHO, A.M.C.; MENDES, J.; MARGHIORI, C.H.; LOMÔNACO, C. 1991. Variação espacial e sazonal de dípteros muscóides em duas áreas de cerrado no município de Uberlândia-MG. I. Calliphoridae e Muscidae. *Revista do Centro de Ciências Biomédicas*, **7**:27-34.

- CASTRO, M.S.; KOEDAM, D.; CONTRERA, F.A.L.; VENTURIERI, G.C.; NATES-PARRA, G.; MALAGODI-BRAGA, K.S.; CAMPOS, L.A.O.; VIANA, M.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; NOGUEIRA-NETO, P.; PERUQUETTI, R.C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2006. Stingless bees. In: V.L. IMPERATRIZ-FONSECA; A.M. SARAIVA.; D. DE JONG. (eds.) *Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting the best practices*, Ribeirão Preto, Holos editora, p. 75-88.
- CAUICH, O.; QUEZADA-EUÁN, J.J.G.; MACIAS-MACIAS, J.O.; REYES-OREGEL, V.; MEDINA-PERALTA, S.; PARRA-TABLA, V. 2004. Behavior and pollination efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in subtropical México. *Journal of Economic Entomology*, **97**:172-179.
- CORBET, S.A.; WILLIAMS, I.H.; OSBORNE, J. 1991. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European community. *Bee World*, **72**:47-59.
- COLWELL, R.K. 2006. *Biota: The biodiversity database manager, Version 2*. Sunderland, Sinauer Associates, 574 p.
- DAILY, G.C. 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington, Island Press, 392 p.
- DEL SARTO, M.C.L. 2005. *Avaliação de Melipona quadrifasciata Lepeletier (Hymenoptera: Apidae) como Polinizador da Cultura do Tomateiro em Cultivo Protegido*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, 61 p.
- DEL SARTO, M.C.L.; PERUQUETTI, R.C.; CAMPOS, L.A.O. 2005. Evaluation of the neotropical bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of greenhouse tomatoes. *Journal of Economic Entomology*, **98**:260-266. <http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-98.2.260>
- DEPLANE, K.S.; MAYER, D.F. 2000. *Crop pollination by bees*. Wallingford, CABI Publishing, 344 p. <http://dx.doi.org/10.1079/9780851994482.0000>
- DRINKWATER, L.E.; LETOURNEAU, D.K.; WORKNEH, F.; VAN BRUGGEN, A.H.C.; SHENNAN, C. 1995. Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California. *Ecological Applications*, **5**:1098-1112. <http://dx.doi.org/10.2307/2269357>
- GABRIEL, D.; TSCHARNTKE, T. 2007. Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **118**:43-48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2006.04.005>
- DOGTEROM, M.H.; MATTEONI, J.A.; PLOWRIGHT, R.C. 1998. Pollination of greenhouse tomatoes by the north American *Bombus vosnesenski* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*, **91**:71-75.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA-NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI-FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. 2002. *Entomologia agrícola*. Piracicaba, Fealq, 902 p.
- GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 1988. Evolution of flower structure and pollination in Neotropical Cassinae (Caesalpiniaceae) species. *Phyton*, **28**:293-320.
- GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 2006. *Life in the Cerrado: a South American Tropical Seasonal Vegetation. Vol. II. Pollination and seed dispersal*. Ulm, Reta Verlag, 384 p.
- GREENLEAF, S.S.; KREMEN, C. 2006. Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America*, **103**:13890-13895. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0600929103>
- 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. <http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-99.3.828>
- HOGENDOORN, K.; STEEN, Z.; SCHWARZ, M.P. 2000. Native Australian carpenter bees as a potential alternative to introducing bumble bees for tomato pollination in greenhouses. *Journal of Apicultural Research*, **39**:67-74.
- HOGENDOORN, K.; GROSS, C.L.; SEDGLEY, M.; KELLER, M.A. 2006. Increased tomato yield through pollination by native Australian *Amegilla chlorocyanea* (Hymenoptera: Anthophoridae). *Journal of Economic Entomology*, **99**:829-833.
- HOLE, D.G.; PERKINS, A.J.; WILSON, J.D.; ALEXANDER, I.H.; GRICE, P.V.; EVANS, A.D. 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, **122**:113-130. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2004.07.018>
- KEVAN, P.G.; STRAVER, W.A.; OFFER, M.; LAVERTY, T.M. 1991. Pollination of greenhouse tomatoes by bumble bees in Ontario. *Proceedings of The Entomological Society Of Ontario*, **122**:15-19.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M.; BUGG, R.L.; FAY, J.P.; THORP, R.W. 2004. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecology Letters*, **7**:1109-1119. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00662.x>
- LAMBIN, E.F.; TUNERB, B.L.; GEISTA, H.J.; AGBOLAC, S.B.; AGELSEND, A.; BRUCEE, J.W.; COOMEST, O.T.; DIRZOG, R.; FISCHERH, G.; FOLKEI, C.; GEORGE, P.S.; HOMEWOODK, K.; IMBERNONL, J.; LEEMANSR, R.; LIN, X.; MORANO, E.F.; MORTIMOREP, M.; RAMAKRISHNANQ, P.S.; RICHARDSR, J.F.; SKANESS, H.; STEFFENT, W.; STONEU, G.D.; SVEDINV, U.; VELDAMPW, T.A.; VOGELX, C.; XUY, J. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the mythis. *Global Environmental Change*, **11**:261-269. [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3)
- LAROCA, S.; CURE, J.R.; BORTOLI, C. 1982. A associação de abelhas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) de uma área restrita no interior da cidade de Curitiba (Brasil): uma abordagem biocenótica. *Dusenica*, **13**:93-117.
- MAGURRAN, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton, Princeton University Press, 179 p.
- McGREGOR, S.E. 1976. *Insect pollination of cultivated crop plants*. Washington, USDA, 411 p.
- MICHENER, C.D. 1962. An interesting method of pollen collecting by bees from flowers with tubular anthers. *Revista de Biologia Tropical*, **10**:167-175.
- MONTEMOR, K.A.; MALERBO SOUZA, D.T. 2009. Biodiversidade de polinizadores e biologia floral em cultura de berinjela (*Solanum melongena*). *Zootecnia Trop*, **27**:97-103.
- MORANDIN, L.A.; LAVERTY, T.M.; KEVAN, P.G. 2001a. Bumble bee (Hymenoptera: Apidae) activity and pollination levels in commercial tomato greenhouses. *Journal of Economic Entomology*, **94**:462-467. <http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-94.2.462>
- MORANDIN, L.A.; LAVERTY, T.M.; KEVAN, P.G. 2001b. Effect of bumble bee (Hymenoptera: Apidae) pollination intensity on the quality of greenhouse tomatoes. *Journal of Economic Entomology*, **94**:172-179. <http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-94.1.172>
- MORANDIN, L.A.; WINSTON, M.L. 2005. Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. *Ecological Applications*, **15**:871-881. <http://dx.doi.org/10.1890/03-5271>
- NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2010. A polinização por vibração. *Oecologia Australis*, **14**:140-151.
- PALMA, G.; QUEZADA-EUÁN, J.J.G.; REYES-OREGEL, V.; MELÉNDEZ, V.; MOOVALLE, H. 2008. Production of greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) using *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* and mechanical vibration (Hym.: Apoidea). *Journal of Applied Entomology*, **132**:79-85. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0418.2007.01246.x>
- ROBINSON, R.A.; SUTHERLAND, W.J. 2002. Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology*, **39**:157-176. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00695.x>
- SANTOS, A.J. 2003. Estimativas de riqueza em espécies. In: L.Jr. CULLEN; R. RUDRAM; C. VALLADARES-PADUA (Orgs.), *Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre*. Curitiba, Editora da UFPR, p. 19-41.
- SLAA, E.J.; SÁNCHEZ CHAVES, L.A.; MALAGODI BRAGA, K.S.; HOFSTEDE, F.E. 2006. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. *Apidologie*, **37**:293-315. <http://dx.doi.org/10.1051/apido:2006022>
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. 3rd ed. New York, W. H. Freeman and Co., 887 p.

- Van ELSEN, T. 2000. Species diversity as a task for organic agriculture in Europe. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **77**:101-109. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00096-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00096-1)
- VANDERMEER, J.; Van NOORDWIJK, M.; ANDERSON, J.; ONG, C.; PERFECTO, I. 1998. Global change and multi-species agroecosystems: concepts and issues. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **67**:1-22. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(97\)00150-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(97)00150-3)
- VITOUSEK, P.M.; MOONEY, H.A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J.M. 1997. Human domination of earth's ecosystems. *Science*, **277**:494-499. <http://dx.doi.org/10.1126/science.277.5325.494>
- THORP, R.W. 2000. The collection of pollen by bees. *Plant Systematics and Evolution*, **222**:211-223. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00984103>
- WILLE, A. 1963. Behavioral adaptations of bees for pollen collecting from *Cassia* flowers. *Revista de Biologia Tropical*, **11**:205-210.
- WOLDA, H. 1988. Seasonality and the community. In: J.H.R. GEE; P.S. GILLER (eds.), *Organization of communities*. Oxford, Blackwell, 365 p.

Submitted on July 16, 2010.

Accepted on August 2, 2011