

## Produção de néctar e visitas por abelhas em duas espécies cultivadas de *Passiflora* L. (Passifloraceae)

Isabela Galarda Varassin<sup>1,3</sup>, Brunna Maria Setti Ximenes<sup>1</sup>, Priscila Ambrósio Moreira<sup>2</sup>, Mireille Maria Franco Zanon<sup>2</sup>, Paula Elbl<sup>2</sup>, Peter Löwenberg-Neto<sup>2</sup> e Gabriel Augusto Rodrigues Melo<sup>2</sup>

Recebido em 31/03/2011. Aceito em 5/12/2011

### RESUMO

(Produção de néctar e visitas por abelhas em duas espécies cultivadas de *Passiflora* L. (Passifloraceae)). A atividade dos polinizadores é afetada pela disponibilidade de recursos. Flores que produzem mais néctar podem ser mais visitadas e assim apresentar maior produção de frutos. O efeito da produção de néctar na atividade dos polinizadores foi testado em duas espécies cultivadas de maracujá, *Passiflora alata* Curtis e *Passiflora edulis* Sims, em Morretes, Paraná. Botões foram ensacados e o néctar acumulado das flores foi coletado em intervalos de 1 h. Em *P. alata* o volume e a concentração de solutos no néctar aumentaram durante o período de antese, associados com o aumento da temperatura. Em *P. edulis*, o volume aumentou durante o período diurno da antese, e decresceu após as 18 horas. A concentração de solutos no néctar permaneceu constante. A taxa média de visitação de *Xylocopa frontalis* (Olivier) em *P. alata* foi de 1,7 visitas/100flores/hora e em *P. edulis* foi de 6,6 visitas/100flores/hora, sendo constante durante a antese. A taxa média de visitação de *Bombus morio* (Swederus) em *P. alata* foi de 5,8 visitas/100flores/hora, sendo mais alta no início da antese. A constância das visitas de *X. frontalis* deve estar associada à produção contínua de néctar em ambas as espécies de maracujazeiros. Como as espécies são xenogâmicas, a manutenção das visitas é importante para propiciar o fluxo de pólen entre indivíduos e assim garantir boa produção de frutos.

**Palavras-chave:** *Bombus morio*, *Passiflora alata*, *Passiflora edulis*, polinização, *Xylocopa frontalis*

### ABSTRACT

(Nectar production and bee visits in two cultivated species of *Passiflora* L. (Passifloraceae)). Pollinator activity is affected by resource availability. Flowers that produce more nectar are visited more, which results in a greater fruit set. The effect of nectar production on pollinator activity was tested in two cultivated species of passion fruit, *Passiflora alata* Curtis and *Passiflora edulis* Sims, in Morretes, Paraná. Flower buds were bagged and the accumulated nectar of flowers was collected hourly. The volume and concentration of nectar of *P. alata* increased during anthesis, which was associated with rising temperatures. The volume of nectar of *P. edulis* increased during the diurnal period of anthesis, falling after 6 pm. The nectar concentration was constant during anthesis. The visitation rate of *Xylocopa frontalis* (Olivier) was constant for *P. alata* (1.7 visits/100flowers/hour) and for *P. edulis* (6.6 visits/100flowers/hour). The visitation rate of *Bombus morio* (Swederus) for *P. alata* was 5.8 visits/100flowers/hour, and was higher at the beginning of anthesis. The constant rate of visits by *X. frontalis* may be associated to the continuous nectar production by both species of passionflower. Since both species are xenogamous, the maintenance of visits during anthesis may favor pollen flow among the individuals assuring good crop production.

**Key words:** *Bombus morio*, *Passiflora alata*, *Passiflora edulis*, pollination, *Xylocopa frontalis*

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Departamento de Botânica, Setor de Ciências Biológicas, Laboratório de Ecologia Vegetal, Curitiba, PR, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zoologia, Laboratório de Biologia Comparada de Hymenoptera, Curitiba, PR, Brasil

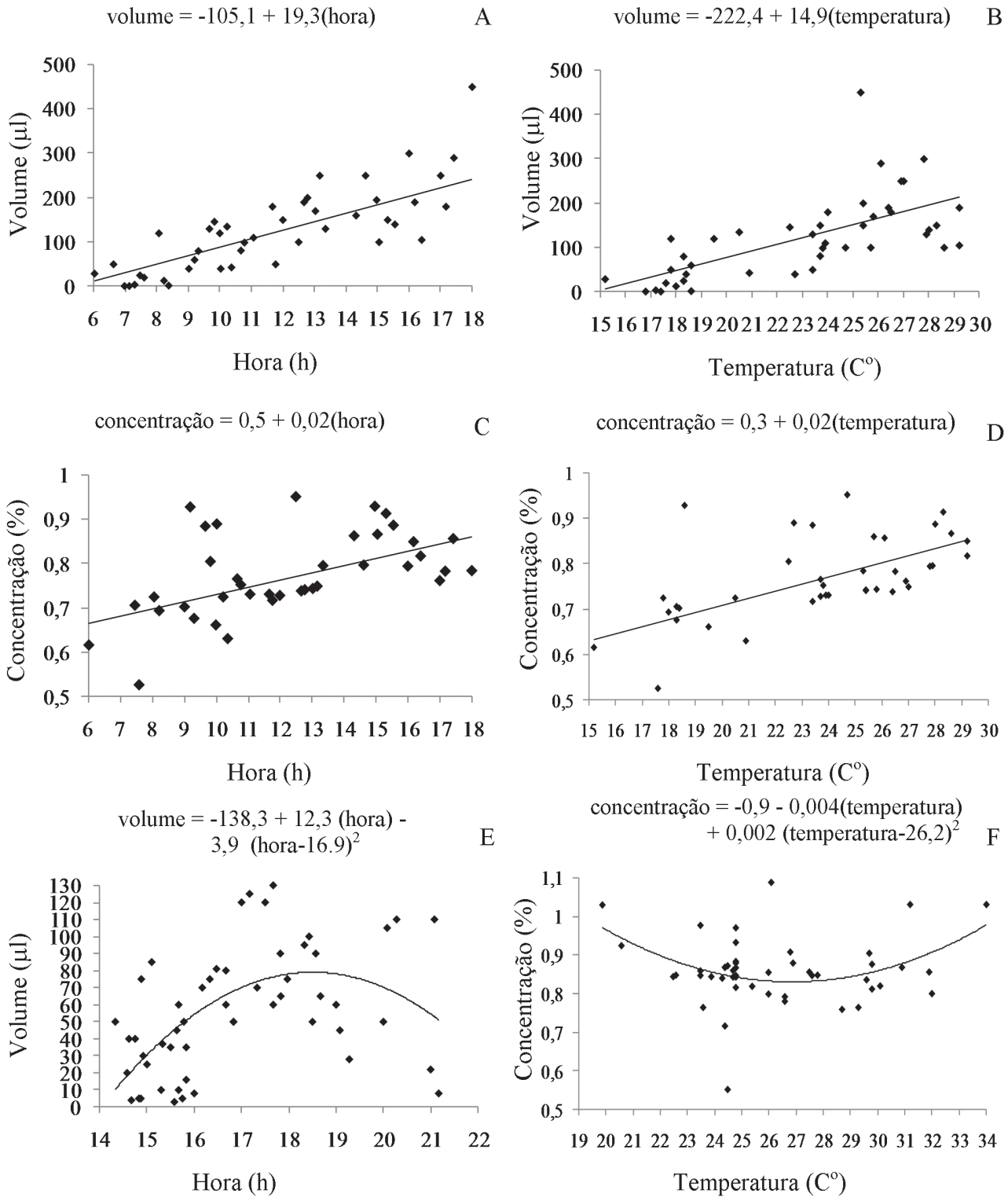
<sup>3</sup> Autor para correspondência: isagalarda@gmail.com

Aproximadamente 73% das plantas agrícolas no mundo dependem dos serviços de polinização prestados pelas abelhas (FAO 2004). A importância dos polinizadores nativos na produção agrícola pode ser influenciada tanto pela disponibilidade das populações dos animais envolvidos na interação quanto pela oferta de recursos pela planta (Silva *et al.* 1999). Flores que produzem mais néctar são mais visitadas (Rathcke 1992, Stout & Goulson 2002), levando ao aumento do sucesso reprodutivo dos indivíduos (Real & Rathcke 1991). *Passiflora alata* Curtis e *P. edulis* Sims são espécies de interesse econômico no Brasil para comercialização de frutos para produção de suco (Melo *et al.* 2005). Em duas espécies estudadas de *Passiflora* L., flores que secretam mais néctar são mais visitadas e apresentam maior deposição de pólen (Fischer & Leal 2006; Longo & Fischer 2006). Para abelhas *Xylocopa* Latreille, 1802 e *Bombus* Latreille, 1802 a quantidade de recurso disponível afeta o número e a frequência de visitas (Kawai & Kudo 2008). Em *Passiflora*, foi observado que a produção de néctar pode estar associada ao comportamento de seus polinizadores (Varassin *et al.* 2001). A produção de frutos em *P. edulis* e *P. alata* é diretamente dependente dos serviços de polinização, uma vez que as espécies são auto-incompatíveis (Akamine & Girolami 1959; Hoffmann *et al.* 2000). Estas duas espécies de maracujá dependem dos serviços de polinização prestados principalmente por abelhas dos gêneros *Xylocopa* e *Bombus*, bem como de *Centris* Fabricius, 1804, *Epicharis* Klug, 1807 e *Eulaema* Lepeletier, 1841 (Melo *et al.* 2005). O néctar constitui o recurso floral procurado pelos polinizadores efetivos, que são abelhas com comprimento de corpo maior que 15 mm (Melo *et al.* 2005). O objetivo deste estudo foi avaliar como a produção de néctar nas espécies cultivadas de maracujá *P. alata* e *P. edulis* pode afetar as taxas de visitas de abelhas em áreas de cultivos.

O estudo foi realizado em duas propriedades agrícolas no município de Morretes, Paraná (25°32'39"S; 48°43'11" W; e 25°32'51"S; 48° 47'30"W). Para avaliar a produção de néctar, botões foram ensacados com tule e a coleta de néctar foi realizada durante a antese, de 06:00h às 20:00h em *P. alata* e de 13:00h às 22:00h em *P. edulis*. O volume acumulado de néctar (daqui em diante referido apenas como volume de néctar) foi amostrado em três flores por hora para *P. alata* e cinco flores por hora para *P. edulis*. O néctar foi coletado com capilar, acondicionado e mantido congelado em laboratório até as medidas de volume e concentração de solutos no néctar (daqui em diante referido como concentração do néctar). No momento da coleta, a temperatura e a umidade relativa do ar foram mensuradas. O volume de néctar foi avaliado utilizando microseringas Hamilton de 50 ( $\pm 0,5$  ml) e 250 ml ( $\pm 2,5$  ml), e a concentração no néctar (%) foi medida com refratômetro de bolso (escala 0 a 32%  $\pm 0,2$  % Brix). A relação do volume de néctar e da concentração com a temperatura e a umidade foi avaliada por regressão linear ou quadrática (Kleenbaum *et al.* 1988). Para estimar a taxa de visitação dos polinizadores,

foram realizados censos em dois transectos de 50 m nos cultivos. Os censos foram realizados de 06:00h às 18:00h em *P. alata* e de 14:00h às 18:00h em *P. edulis*. Cada trecho foi percorrido durante 5 min. Foram feitas uma ou duas repetições semanais, totalizando uma amostragem de 10 ou 20 min em uma hora, por semana. Durante os censos, foram contados o número de flores em cada transecto e o número de polinizadores nas flores, sendo que foi contado o número de abelhas de *Xylocopa frontalis* (Olivier, 1789) em ambas as espécies de maracujá e o número de abelhas de *Bombus morio* (Swederus, 1787) apenas em *P. alata*. O número de abelhas calculado para 100 flores de maracujá para o cálculo do número de visitas por flor. Para avaliar se as taxas de visitação são influenciadas pela produção de néctar, para cada hora foi calculada a média de avistamentos dos principais polinizadores, a média de volume e de concentração de néctar. Estes valores foram usados para testar a relação entre avistamentos, volume, concentração de néctar, assim como com o horário do dia por regressão linear (Kleenbaum *et al.* 1988). Os valores de concentração foram transformados pelo arcoseno da raiz quadrada da proporção após análise dos resíduos da regressão. Os censos sem avistamentos foram excluídos.

Em *P. alata* o volume de néctar aumentou durante a antese ( $r^2 = 0,54$ ;  $F_{1,44} = 53,48$ ;  $p < 0,05$ ; coeficiente angular  $b = 19,3 \pm 2,6$ ) (Fig. 1A), sendo que o aumento do volume foi também relacionado ao aumento de temperatura ( $r^2 = 0,42$ ;  $F_{1,41} = 31,48$ ;  $p < 0,05$ ; coeficientes angular  $b = 14,9 \pm 2,7$ ) (Fig. 1B). A concentração de néctar aumentou durante a antese ( $r^2 = 0,36$ ;  $F_{1,39} = 23,89$ ;  $p < 0,05$ ; coeficiente angular  $b = 0,02 \pm 0,004$ ) (Fig. 1C) e com o aumento de temperatura ( $r^2 = 0,49$ ;  $F_{1,36} = 36,77$ ;  $p < 0,05$ ; coeficiente angular  $b = 0,02 \pm 0,003$ ) (Fig. 1D). A umidade relativa do ambiente não influenciou o volume de néctar ( $r^2 = -0,01$ ;  $F_{1,37} = 0,47$ ;  $p > 0,05$ ) nem a concentração de néctar ( $r^2 = -0,03$ ;  $F_{1,36} = 0,03$ ;  $p > 0,05$ ). A temperatura média durante estes experimentos foi de 22,8 °C (Desvio Padrão (DP) = 4,2) e a umidade relativa média foi de 68,9% (DP = 14,7). Em *P. edulis*, o volume de néctar aumentou até 18:00-18:30h, e decresceu após este período (Fig. 1E) ( $r^2 = 0,29$ ;  $F_{1,50} = 11,42$ ;  $p < 0,05$ ; coeficientes angulares  $b = 12,3 \pm 2,6$ ;  $c = -3,9 \pm 1,2$ ). Nem a temperatura e nem a umidade relativa apresentaram efeito sobre o volume de néctar ( $r^2 = -0,003$ ;  $F_{1,50} = 0,79$ ;  $p = 0,05$  e  $r^2 = -0,01$ ;  $F_{1,50} = 0,44$ ;  $p < 0,05$ , respectivamente). A concentração de néctar foi constante durante a antese ( $r^2 = 0,03$ ;  $F_{1,46} = 2,22$ ;  $p > 0,05$ ), com média de 57,3%. O néctar apresentou-se mais concentrado nas maiores e menores temperaturas ( $r^2 = 0,10$ ;  $F_{1,45} = 3,67$ ;  $p > 0,05$ ; coeficientes angulares  $b = -0,3 \pm 0,4$ ;  $c = 0,3 \pm 0,1$ ) (Fig. 1F). A umidade relativa não afetou a concentração de néctar ( $r^2 = -0,01$ ;  $F_{1,46} = 0,45$ ;  $p > 0,05$ ). A temperatura média durante estes experimentos foi de 26,3°C (DP = 3,1) e umidade relativa média foi de 71,7% (DP = 19,2). Em *P. alata*, a taxa média de visitação de *B. morio* nas flores foi de 5,8 visitas/100flores/hora (DP = 9,6), mas a visitação variou durante a antese sen-



**Figura 1.** Secreção de néctar em *Passiflora*. *P. alata*: A. Variação do volume de néctar (ml) durante a antese; B. Variação do volume de néctar (ml) em relação à temperatura do ar; C. Variação da concentração de néctar (w/w%) durante a antese; D. Variação da concentração de néctar (w/w%) em relação à temperatura do ar. *P. edulis*: E. Variação do volume de néctar (ml) durante a antese; F. Variação da concentração de néctar (w/w%) em relação à temperatura do ar.

do maior no início da antese ( $r^2 = 0,63$ ;  $F_{1,10} = 22,45$ ;  $p < 0,05$ ; coeficiente angular  $b = -1,4 \pm 0,3$ ; Fig. 2). Como o volume e a concentração médios de néctar estão associados com o período de antese, a visitação mostrou o mesmo padrão (volume:  $r^2 = 0,85$ ;  $F_{1,10} = 63,34$ ;  $p < 0,05$ ; concentração:  $r^2 = 0,47$ ;  $F_{1,10} = 10,64$ ;  $p < 0,05$ ). A taxa média de visitação de *X. frontalis*, 1,7 visitas/100flores/hora (DP= 3,5), foi menor em relação à de *B. morio* e não foi influenciada pelo período de antese ( $r^2 = -0,07$ ;  $F_{1,10} = 0,26$ ;  $p > 0,05$ ), nem pelo volume médio de néctar ( $r^2 = -0,10$ ;  $F_{1,10} = 0,001$ ;  $p > 0,05$ ), nem pela concentração média ( $r^2 = -0,10$ ;  $F_{1,10} = 0,06$ ;  $p > 0,05$ ). Em *P. edulis*, a taxa média de visitação de *X. frontalis* foi constante, 6,6 visitas/100flores/hora (DP = 10,7), não sendo influenciada pelo período de antese ( $r^2 = -0,16$ ;  $F_{1,6} = 0,001$ ;  $p > 0,05$ ), nem volume médio de néctar ( $r^2 = -0,14$ ;  $F_{1,6} = 0,15$ ;  $p > 0,05$ ) nem pela concentração média ( $r^2 = -0,11$ ;  $F_{1,6} = 0,28$ ;  $p > 0,05$ ).

A produção de néctar durante o período diurno da antese ocorre em várias espécies de *Passiflora* (Varassin *et al.* 2001,

Fischer & Leal 2006, Longo & Fischer 2006). Em ambas as espécies de maracujá, as abelhas *X. frontalis* e *B. morio*, em parte de seu período de atividade, parecem responder à reposição contínua de néctar visitando as flores de forma constante. Por outro lado, o maior número de visitas de *B. morio* no início da manhã em *P. alata* pode estar associado com uma maior quantidade disponível de néctar em flores não visitadas. De fato, *Bombus* apresenta visitas mais frequentes quando há mais néctar (Stout & Goulson 2002). Em *P. edulis*, este incremento de visitas ao longo do dia resulta em maiores sucesso de frutificação (Melo *et al.* 2005), provavelmente em função do aumento da deposição de pólen nos estigmas (Akamine & Girolami 1959) e em função da mistura de pólen decorrente de visitas das abelhas às flores de diferentes indivíduos, o que favorece polinizações cruzadas (Kawai & Kudo 2008). A visitação constante pelas abelhas assegurando múltiplas visitas às flores deve garantir a deposição da quantidade mínima de 190 grãos de pólen para a formação de frutos (Ruggiero 1987), pois com a reposição contínua de néctar,

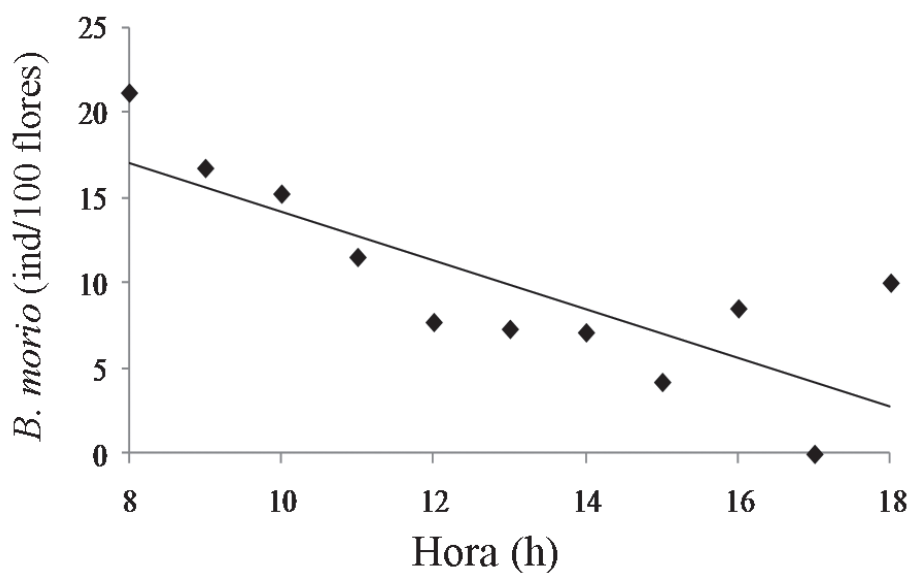


Figura 2. Taxa média de visitação de *Bombus morio* (Apidae) em flores de *Passiflora* (ponderadas para 100 flores) em 50m de censo em transecto ao longo da antese ( $B. morio$  (ind/100flowers) =  $28,4 - 1,41 \cdot (\text{hora})$ ).

há uma tendência que a abelha volte à flor para forragear (Thomson *et al.* 1989). Esta constância das abelhas nas plantas deve assegurar maior produção de frutos, pois o número de visitas de *X. frontalis* determina o sucesso da frutificação de *P. edulis* (Silva *et al.* 1999). Considerando a espécie cultivada mais comum, *P. edulis*, nota-se que há uma alta fidelidade nas interações com o gênero *Xylocopa*. Plantas cultivadas do Rio de Janeiro (Hoffmann *et al.* 2000) e de Minas Gerais (Silva *et al.* 1999) são polinizadas por *X. frontalis*. Por outro lado, plantas cultivadas em São Paulo são polinizadas por *X. suspecta* Moure & Camargo, 1988 (Sazima & Sazima 1989) e na Bahia, por *X. cearensis* Ducke, 1910 (Viana *et al.* 2002). Para as duas espécies de *Passiflora*, que são xenogâmicas,

a manutenção das visitas por *Xylocopa* é importante para propiciar o fluxo de pólen entre indivíduos e assim garantir boa produção de frutos.

## Agradecimentos

Ao produtores agrícolas de Morretes pela autorização para realização do estudo; ao PROBIO (subprojeto 02.02.89) pelo financiamento, ao CNPq pelas bolsas ITI-1A no. 180001/2005-1 (para BMSX), no. 181048/2004-3 (para PAM), no. 181047/2004-7 (para MMFZ), e bolsas DTI-7H no. 380129/2005-1 (para PME) e no. 381050/2004-1 (para PLN).

## Referências bibliográficas

- Akamine, E.K. & Girolami, G. 1959. Pollination and fruit set in the yellow passion fruit. University of Hawaii, Hawaii Agricultural Experiment Station, Honolulu. **Technical Bulletin 39**: 1-44.
- FAO. 2004. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture. Pp. 19-25. In: Freitas, B.M. & Pereira, J.O.P. (Eds.). **Solitary bees- Conservation, Rearing and management for pollination**. Fortaleza, Imprensa Universitária.
- Fischer, E. & Leal, I.R. 2006. Effect of nectar secretion rate on pollination success of *Passiflora coccinea* (Passifloraceae) in the Central Amazon. **Brazilian Journal of Biology 66**: 747-754.
- Hoffmann, M.; Pereira, T.N.S.; Mercadante, M.B. & Gomes, A.R. 2000. Polinização de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (Passiflorales, Passifloraceae) por abelhas (Hymenoptera, Anthophoridae) em campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro **Iheringia, Série Zoologia 89**: 149-152.
- Kawai, Y. & Kudo, G. 2008. Effectiveness of buzz pollination in *Pedicularis chamissonis*: significance of multiple visits by bumblebees. **Ecological Research** Doi:10.1007/s11284-008-0500-6.
- Kleenbaum, D.G.; Kupper, L.L. & Muller, K.E. 1988. **Applied regression analysis and other multivariate methods**. Boston, PWS-Kent Publishing Company.
- Longo, J.M. & Fischer, E. 2006. Efeito da taxa de secreção de néctar sobre a polinização e a produção de sementes em flores de *Passiflora speciosa* Gardn. (Passifloraceae) no Pantanal. **Revista Brasileira de Botânica 29**: 481-488.
- Melo, G.A.R.; Varassin, I.G.; Vieira, A.O.S.; Menezes Jr., A.O.; Löwenberg-Neto, P.; Bressan, D.F.; Elbl, P.M.; Moreira, P.A.; Oliveira, P.C.; Zanon, M.M.F.; Androcioli, H.G.; Ximenes, B.M.S.; Alves, D.S.M.; Cervigne, N.S.; Prado, J. & Ide, A.K. 2005. **Polinizadores de maracujás no Paraná**. Subprojeto 02.02.89. Relatório Técnico. PROBIO Edital 02/2003 – Uso sustentável e restauração da diversidade de polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas associados. Curitiba.
- Rathcke B.J. 1992. Nectar distributions, pollinator behavior, and plant reproductive success. Pp. 113-138. In: M.D. Hunter, K.T. Ohgushi & P.W. Price (Eds.). **Effects of resource distribution on animal-plant interactions**. San Diego, Academic Press.
- Real, L. & Rathcke, B.J. 1991. Individual variation in nectar production and its effect on fitness in *Kalmia latifolia*. **Ecology 72**: 149-155.
- Ruggiero, C. 1987. **Cultura do Maracujazeiro**. Ribeirão Preto, Ed. Legis Summa.
- Sazima, I. & Sazima, M. 1989. Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea): visitas, interações e conseqüências para polinização do maracujá (Passifloraceae). **Revista Brasileira de Entomologia 33**: 109-118.
- Silva, M.M.; Bruckner, C.H.; Picanço, M. & Molina-Rugama, A.J. 1999. Número floral, clima, densidade populacional de *Xylocopa* spp (Hymenoptera: Anthophoridae) y polinización del maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) **Revista de Biología Tropical 47**: 711-718.
- Stout, J.C. & Goulson, D. 2002. The influence of nectar secretion rates on the responses of bumblebees (*Bombus* spp.) to previously visited flowers. **Behavioral Ecology & Sociobiology 52**: 239-246.
- Thomson, J.D.; Mckenna, M.A. & Cruzan, M.C. 1989. Temporal patterns of nectar and pollen production in *Aralia hispida*: implications for reproductive success. **Ecology 70**: 1061-1068.
- Varassin, I.G.; Trigo, J.R. & Sazima, M. 2001. The role of nectar production, flower pigments and odour in the pollination of four species of *Passiflora* (Passifloraceae) in south-eastern Brazil. **Botanical Journal of the Linnean Society 136**: 139-152.
- Viana, B.F.; Kleinert, A.M.P. & Silva, F.O. 2002. Ecology of *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *cearensis* (Hymenoptera, Anthophoridae) in Abaeté sand dunes, Salvador, Bahia. **Iheringia, Série Zoologia 92**: 47-57.