



BIOLOGIA DA POLINIZAÇÃO DE *SOLANUM GRANULOSO* - *LEPROSUM* DUNAL (SOLANACEAE) NO PARQUE ESTADUAL DO ITACOLOMI, MUNICÍPIOS DE OURO PRETO E MARIANA, MINAS GERAIS, BRASIL

V. Lamim - Guedes¹

Y. Antonini²

1 - Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Programa de Pós - graduação em Ecologia de Biomas Tropicais. E - mail: dirguedes@yahoo.com.br 2 - Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Departamento de Ciências Biológicas.

INTRODUÇÃO

O maior gênero de Solanaceae, *Solanum* L., é tradicionalmente reconhecido pela presença de anteras poricidas (Souza & Lorenzi, 2005), e apresentam a síndrome de polinização, conhecida como polinização por vibração ou vibrátil (*buzz pollination*). Segundo Buchmann & Hurley (1978) as características que diferenciam esta forma de polinização de outros mecanismos de polinização por abelhas pode ser observado tanto nas plantas quanto nas abelhas ao longo da história de sua co - evolução. As plantas são caracterizadas pela seguinte síndrome: flores com pólen como recurso aos visitantes florais, com vivo contraste de cores visíveis, às vezes possuindo um padrão de reflexão de raios ultravioleta, antes e produção de pólen no começo da manhã (nascer do sol), sendo o pólen leve, pequeno e seco, com pequena ornamentação com exina, deiscência de pólen das anteras por fenda ou poro (Buchmann & Hurley, 1978). A coleta de pólen é feita apenas por abelhas fêmeas e estas são de tamanho moderado a grande, contraindo músculos indiretos do voo elevando a temperatura e liberando pólen no momento da visita floral, são usualmente de atividade matinal (período de forrageio coincide com o horário de abertura das flores). Muitas abelhas, incluindo espécies solitárias, ambas generalistas e especialistas, rotineiramente usam a vibração das anteras poricidas para a coleta de pólen. Famílias de abelhas com poucas espécies que usam a vibração incluem Megachilidae e Andrenidae (com exceção de *Protandrena* e poucas *Andrena* especialistas) e três tribos de Apinae (e.g. Bombini, Euglossini e Meliponini) (Buchmann & Hurley, 1978).

Este trabalho reúne informações sobre a biologia reprodutiva de *Solanum granuloso - leprosum* Dunal (Solanaceae), uma espécie importante por ser pioneira, tendo um papel relevante na regeneração ambiental, e por oferecer recursos alimentares em períodos de falta de recursos.

OBJETIVOS

Obter informações sobre a biologia reprodutiva de *Solanum granuloso - leprosum*, analisando o sistema reprodutivo, características florais, espécies visitantes florais e o comportamento durante a visita destas espécies. A partir destas informações fazer comparações com dados da literatura sobre outras espécies de *Solanum* e obter um melhor entendimento desta interação animal - planta.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo: Parque Estadual do Itacolomi (PEIT), municípios de Ouro Preto e Mariana-MG, entre os meridianos 43°32'30" e 43°22'30" de longitude oeste e os paralelos 20°22'30" e 20°30'00" (IEF, 2008), Com uma área total de 7.543 ha (IEF, 2008). O estudo foi desenvolvido nas proximidades do Museu do Chá, que apresenta vegetação secundária, caracterizada como Floresta Estacional Semidecidual Montana. A altitude média nesta região do Parque é de 1.350 metros acima do nível do mar. Segundo a classificação de Koppen, ocorre nesta área o tipo climático tipo Cwa, trata - se de um tipo climático com duas estações bem definidas, uma seca e uma chuvosa, predominando nas áreas topograficamente mais baixas (IEF, 2008).

Solanum granuloso - leprosum Dunal (solanaceae), nome vulgar: fumo bravo, falso tabaco, jurubeba e cuvitinga. Arbustos e pequenas árvores perenes (2 - 12 m de altura), sempre - verdes, encontrada em locais alterados em processo de sucessão ecológica, apresentando comportamento de espécie pioneira. Flores hermafroditas (perfeitas), andromonoica, pétalas violeta - pálido, estames com anteras amarelas de deiscência apical poricida, com grãos de pólen pulverulentos e pequenos; não há produção de néctar. Fruto baga. Reproduz - se exclusivamente por sementes (Roe, 1972). É encontrada no sul e sudeste do Brasil, em locais do nível do mar até cerca de 1000 metros de altitude alcançando a parte

ocidental da região do Chaco do Rio Paraná no Paraguai, sul do Uruguai e oeste da Argentina. Ela ocorre comumente em bordas de fragmentos e Savanas de regiões temperadas quentes, subtropicais e tropicais (Roe, 1972).

Para analisar o sistema reprodutivo (grau de autocompatibilidade) foi realizado um experimento que visa determinar se existem barreiras reprodutivas para a produção de sementes. Para isto, foram realizados os seguintes tratamentos (somente foram usadas flores com estilete longo): controle (condições naturais); autopolinização espontânea; polinização cruzada; autopolinização manual; polinização cruzada na mesma planta; retirada de estames. Nesse experimento todos os tratamentos usaram um mínimo de 10 flores por indivíduo de pelo menos cinco indivíduos (Kearns & Inouye, 1993). Ovários de 10 flores foram dessecados com auxílio de microscópio estereoscópio para a contagem dos óvulos. Frutos em processo de amadurecimento foram dessecados e as sementes contadas. A partir destes dois dados calculou-se a proporção sementes/óvulos. A receptividade estigmática foi testada fazendo-se o teste da catalase (Kearns & Inouye, 1993) em intervalos de duas horas durante todo o período de observação.

A presença e localização de osmóforos foram averiguadas mergulhando flores frescas por cinco minutos em solução aquosa de vermelho neutro (Dafni, 2005). Reflexão de raios ultravioleta foi testada colocando flores frescas sob lâmpada de luz negra (Kearns & Inouye, 1993).

As observações dos visitantes florais foram realizadas durante 10 dias nos meses de julho e agosto de 2007, das 9 horas às 15 horas, este horário do dia foi escolhido por concentrar um maior número de visitas às flores. Foram acompanhados cerca de 20 indivíduos de *S. granuloso - leprosum*. O tempo de observação usado foi de 15 minutos em cada indivíduo. Durante as visitas florais era registrada a espécie e o comportamento desta na flor. Foram feitas fotografias e vídeos do momento das visitas florais para uma melhor descrição do comportamento dos visitantes nas flores.

O comportamento das espécies de visitantes florais de *S. granuloso - leprosum* foi classificado segundo Wille (1963): vibradoras, abelhas que obtêm o pólen com o auxílio de vibrações; mordedoras, retiram o pólen das anteras a partir de cortes feitos nestas; e, catadoras (coletoras), recolhem os grãos que caem como resultado da atividade das outras abelhas.

Análises estatísticas: As análises estatísticas foram usando-se o aplicativo Statistica 6.0. Foram feitas as correlações de spearman para temperatura e o número de visitantes florais e também para umidade e vistas. Também foi feito o teste Kruskal - Wallis para os dados de visitantes de *S. granuloso - leprosum* e a hora do dia.

RESULTADOS

A espécie manteve-se em floração durante todo o período do estudo compreendido entre junho e agosto de 2007, apresentando-se todo o período com frutos em avançado estágio de desenvolvimento, sendo que a maturação dos frutos não é sincrônica. Houve a formação de frutos somente para dois tratamentos do experimento para a determinação do sistema reprodutivo: controle e polinização

cruzada, com 30 (42,9%) e 95 (44,6%) frutos formados, respectivamente. Desta forma, *S. granuloso - leprosum* é uma espécie alogâmica, ou seja, depende de pólen de outras plantas da mesma espécie para que ocorra fecundação e a formação de frutos. Esta espécie é auto-incompatível (ocorrência de xenogamia), pois não houve a formação de frutos nos dois tratamentos (autopolinização e polinização cruzada na mesma planta) em que foram usados grãos de pólen da mesma planta para se fazer a polinização manual. Estes resultados são compatíveis com os encontrados por outros estudos feitos com diferentes espécies de *Solanum*, por exemplo, *S. sessiliflorum* Dunal (Storti, 1988), *S. paniculatum* L. (Forni - Martins *et al.*, 1998) e *S. Palincanthum* Dunal (Coleman & Coleman, 1982).

O número de óvulos por ovário em média foi de 128,10 +/- 17,82 (n=10). Enquanto o número de sementes por fruto foi em média 77,6 +/- 5,49 (n=20) para a polinização cruzada (feita manualmente) e 93,35 +/- 5,18 (n=20) para o controle (condições naturais). Desta forma, a proporção sementes/óvulos foi de 60% para a polinização cruzada e 72,8% para a polinização em condições naturais, portanto a quantidade de sementes formadas é menor que a de óvulos, fato comum em angiospermas (Bawa & Webb, 1984). O maior número de sementes formadas no experimento de polinização em condições naturais do que na polinização manual cruzada também foi observado para *Cambessedesia hilariana* (Fracasso & Sazima, 2004). O número maior de sementes em frutos mantidos em condições naturais deve-se provavelmente a visitas repetidas às mesmas flores, já que estão receptivas por vários dias, sendo que uma nova deposição de pólen durante os experimentos de polinização manual aumenta consideravelmente a formação de sementes (Fracasso, C. M. com. pess.).

Esta hipótese é compatível com modelos de alocação de recursos para a andromonoecia, segundo os quais este sistema sexual ocorre em espécies em que o custo de maturação de frutos é grande e o número ótimo de flores masculinas é maior que o número de flores que podem formar frutos (Anderson & Symon, 1989; Spalik, 1991), ou seja, possibilitar uma maior transferência de grãos de pólen. Esta hipótese também é amparada por algumas características de *S. granuloso - leprosum* que exercem influência na constância das visitas das abelhas, por exemplo: a flor persiste receptiva por vários dias; a liberação de pólen é assíncronica, sendo que no segundo e terceiro dias há anteras começando a liberar pólen; e, grande número de flores abertas.

Antes ocorreram entre 6h e 11h (N=15 flores), com pico às 8h. O teste da catalase foi positivo durante todo o tempo de observação para as flores acompanhadas (com até 3 dias de antese). A liberação de pólen inicia-se após a abertura da flor continuando até às 16h. Não há sincronia em relação à liberação de pólen. Por isso, flores com dois (n=13 flores) e três (n=17 flores) dias também liberaram pólen. Com o passar do tempo as anteras apresentaram desgaste causado pelas abelhas que se agarram e mordem a flor durante as visitas, causando ferimentos, passando a apresentar coloração amarronzada.

As áreas que refletem raios ultravioletas são, principalmente, as pontas das anteras poricidas, onde estão os poros pelos quais os grãos de pólen são liberados. As pétalas

também apresentam reflexão dos raios ultravioleta, no entanto, em menor intensidade, assim como no estigma. Áreas de concentração de emissão de odor (teste do vermelho neutro) são, em maior intensidade, as bases das anteras e a região dos poros apicais, as pétalas ficaram pouco coradas, demonstrando que estas têm um menor papel na liberação de odor. A liberação de um odor suave foi constatada em campo nas proximidades das plantas, assim como quando manipulava inflorescências que estavam ensacadas.

Durante as 32 horas de observação foram registradas 455 visitas ao todo as flores de *S. granuloso - leprosum* de 12 espécies de abelhas: *Anthrenoides* sp., *Bombus* (*Fervidobombus*) sp1, *B. brasiliensis*, *Centris* sp., *Exomalopsis analis*, Halictidae sp1, Halictidae sp2, *Melipona quadrifasciata*, *M. bicolor*, *M. quinquefasciata*, *Paratrigona lineata* e *Trigona rufiventris*. Operárias de *Melipona quadrifasciata* representaram 80% do total de abelhas que foram observadas visitando as flores de *S. granuloso - leprosum*. O maior número de visitas ocorreu entre 9 e 10 horas da manhã, decaindo a seguir (10 - 11h) e voltando a subir das 11h às 12h. O período de maior visitação (período da manhã) foi o que apresentou as menores médias de temperatura e as maiores de umidade. As correlações de Spearman para a temperatura e visitas ($p=0,65$) e para a umidade e visitas ($p=0,37$) não foram significativas. O teste de Kruskal - Wallis para os dados das Visitas e hora do dia foi significativo ($p =,0058$).

Foi constatada uma maior taxa de visitação as flores na parte da manhã (9 às 12 horas), sobretudo para *Melipona quadrifasciata*, que apresentou uma alta taxa de visitação no período de 9 as 10 horas diferenciando um pouco das outras espécies registradas. A atividade de vôo das abelhas é influenciada por fatores meteorológicos que está relacionado ao custo da regulação da temperatura corporal (Roubik, 1989). Na área de estudo, a temperatura manteve - se entre 15 e 20°C e a umidade relativa do ar entre 50 e 60% durante o período da manhã, que foi o horário com o maior número de visitas. Segundo Ramalho *et al.*, (1991), para *M. quadrifasciata*, a faixa entre 70 e 80% de umidade relativa pode ser considerada ótima e as abelhas desta espécie são capazes de deixar o ninho à temperatura entre 13 e 17°C e que esta espécie não apresenta atividade ótima de coleta de alimento na faixa entre 21 e 30°C como em outras espécies de *Melipona* sp. (Ramalho *et al.*, 1991). Abelhas com maior biomassa corporal, por ex. *Apis mellifera* e *Bombus* sp., iniciam vôo externos à temperaturas menores, às vezes abaixo de 10°C (Heirinch, 1979 *apud* Ramalho *et al.*, 1991).

As espécies que segundo a classificação de Wille (1963) foram consideradas vibradoras por apresentarem o comportamento de vibrar as anteras durante as visitas. Embora haja outros modos de extração de pólen por abelhas em anteras poricidas, a vibração destas é o processo de polinização por excelência (Wille, 1963), apresentando, portanto, a maior chance de ocorrer à transferência de pólen nas espécies que apresentam a síndrome de polinização vibrátil. As visitas destas espécies seguem o padrão comportamental geral conhecido para flores com anteras poricidas (Buchmann, 1983), isto é, as abelhas inspecionam as flores, pousam e agarram o androceu e o estilete com as pernas. Nessa ocasião, o abdome encurvado da abelha

contacta o estigma e, a seguir, recebe o pólen expelido pela vibração. E destas espécies somente *Melipona quadrifasciata* possui frequência de visitas que permite considera - la polinizadora efetiva, além do fato de apresentar comportamento e tamanho compatível com a morfologia floral de *S. granuloso - leprosum*.

O estigma de *S. granuloso - leprosum* projeta 2 - 4 mm além das anteras, isto permiti que abelhas médias (*Melipona quadrifasciata*, por exemplo) possam tocar o estigma e assim fazer uma polinização efetiva. Por causa do tamanho relativamente menor das flores de *S. granuloso - leprosum*, assim com em *S. xantii* e *S. douglasii* (Buchmann *et al.*, 1977 *apud* Oliveira - Filho & Oliveira, 1988), as abelhas agarram o cone formado pelas anteras e, mantendo o tórax perpendicularmente ao eixo do cone, fazem à vibração das anteras poricidas. Para a lobeira (*S. lycocarpum*) (Oliveira - Filho & Oliveira, 1988; Valdir Lamim - Guedes, obser. pess.), devido às suas flores relativamente maiores e cones relativamente mais longos (cerca de 1 cm) dentro do gênero, as abelhas dispõem o tórax ao longo do cone e o abdômen fica com a extremidade voltada para baixo. A distância que o estigma se projeta além das anteras (1 a 5 mm em média para *Solanum* sp.) contribui para dificultar o seu contato com abelhas pequenas durante as vibrações, ou pelo menos, realiza um contato insuficiente para uma polinização efetiva. Desta forma, o tamanho da flor é uma característica adaptativa em relação ao tamanho da abelha, sendo as flores maiores adaptadas às abelhas maiores (*Xylocopa* sp., *Bombus* sp. e *Oxaea flavescens*, por exemplo) e as flores menores adaptadas às abelhas grandes e médias (Meliponíneos e alguns Halictídeos, entre as médias). Segundo Coleman & Coleman (1982), com o tamanho da abelha decrescendo, a possibilidade desta remover pólen das flores com estilete longo sem tocar o estigma aumenta, assim como o tempo que a abelha gasta manipulando as flores aumenta.

Por isto, apesar de menores que as duas espécies de *Bombus* sp., os indivíduos de *Melipona quadrifasciata*, também tocavam o estigma, enquanto coletavam pólen vibrando as anteras, possibilitando a troca de pólen, no entanto, duas características fazem desta espécie a principal polinizadora de *S. granuloso - leprosum*, alta frequência de visitas e a constância. Cerca de 80% das visitas às flores de *S. granuloso - leprosum* foram de operárias de *M. quadrifasciata*. Durante as observações em campo, em alguns momentos 10 ou mais abelhas desta espécie forrageavam na planta focal. A constância desta espécie foi grande, em todos os dias de observação e na maior parte de cada um destes foram registradas visitas de operárias desta espécie às flores.

CONCLUSÃO

Solanum granuloso - leprosum apresenta floração e frutificação por um longo período de tempo, é andromonoica, alógamica e autoincompatível. Apresenta as síndromes melitofilia e polinização por vibração. A maior produção de frutos no experimento em condições naturais do que para a polinização cruzada manual deve - se provavelmente ao fato de que as repetidas visitas florais pelas abelhas fazem com que o estigma receba uma quantidade maior de pólen, que é mais adequada as necessidades desta espécie.

As flores de *S. granuloso - leprosum* são adaptadas à polinização por abelhas médias e grandes. Das espécies de abelhas que visitam *S. granuloso - leprosum*, *Melipona quadrifasciata* foi considerada polinizadora efetiva.

REFERÊNCIAS

- Anderson, G. L.; Symon, D. E. Functional dioecy and andromonoecy in *Solanum*. *Evolution* 43(1): 204 - 219. 1989.
- Avanzi, M. R.; Campos, M. J. O. Estrutura de guildas de polinização de *Solanum aculeatissimum* JACQ. E *S. variable* MART. (Solanaceae). *Rev. Brasil. Biol.* , 57(2):247 - 256, 1997.
- Bawa, K. S.; Webb, C. J. flower, fruit and seed abortion in tropical forest trees: implications for the evolution of paternal and maternal reproductive patterns. *American Journal of Botany* 71:736 - 751, 1984.
- Buchmann, S. L. Buzz pollination in angiosperms. In C. E. Jones & R. Little (eds.), *Handbook of experimental pollination biology*. 1983. 73 - 113.
- Buchmann, S. L.; Cane, J. H. Bees assess pollen returns while sonicating *Solanum* flowers. *Oecologia* 81: 289 - 294. 1989.
- Buchmann, S. L.; Hurley, J. P. A biophysical model for pollination in Angiosperms. *J. Theor. Biol.* 72:639 - 657., 1978
- Buchmann, S.L.; Jones, C.E.; Colin, L.J. Vibratile pollination of *Solanum douglassii* and *S. xanti* (Solanaceae) in Southern California. *Wasmann J. Biol.* 1977. 35:1 - 25.
- Coleman; J. R.; Coleman, M. A. Reproductive Biology of an Andromonoecious *Solanum* (*S. palinacanthum* Dunal). *Biotropica*, 14(1): 69 - 75. 1982.
- Dafni, A., Kevan, P. G., Husband, B. C. *Practical Pollination Biology*. Environquest, Cambridge (Canada). 2005. 590p.
- Faegri, K.; van der Pijl, L. *The Principles of Pollination Ecology*. 2. ed. rev. Oxford. 1971.
- Forni - Martins, E. R.; Marques, M. C. M.; Lemes, M. R. Biologia Floral e Reprodução de *Solanum paniculatum* L. (Solanaceae) no Estado d São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 21(2). 1998.
- Fracasso, C. M.; Sazima, M. Polinização de *Cambessedesia hilariana* (Kunth) DC. (Melastomataceae): sucesso reprodutivo versus diversidade, comportamento e freqüência de visitas de abelhas. *Revista Brasileira de Botânica* 27(4):797 - 804. 2004.
- Heirinch, B. *Bumblebee economics*. Cambridge, Harvard Univ. Press, 1979
- IEF. Plano de manejo do Parque Estadual do Itacolomi. Belo Horizonte. 2008.
- Kearns, C. A.; Inouye, D. W. *Techniques for pollination*. University press of colorado. 1993.
- Oliveira - Filho, A. T.; Oliveira, L. C. A. Biologia floral de uma população de *solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae) em Lavras, MG. *Rev. Brasil. Bot.* 11:23 - 32. 1988.
- Ramalho, M.; Kleinert - Giovanini, A.; Imperatriz - Fonseca, V. L. Utilization of floral Resources by species of *Melipona* (Apidae, Meliponinae): floral preferences. *Api-dologie* 20: 185 - 195. 1989.
- Roe, K. E. A revision of *Solanum* section *Brevantherum* (Solanaceae). *Brittonia* 24[3], 239 - 278. 1972.
- Roubik, D. W. *Ecology and Natural History of Tropical Bees*. New York: Cambridge Univ. Press. 1989, 514p.
- Souza, V. C.; Lorenzi, H. *Botânica sistemática*. Nova Odessa (SP): Instituto Platarum. 2005.
- Spalik, K.; Woodell, S. R. J. Regulation of pollen production in *Anthriscus sylvestris*, an andromonoecious species. *Int. J. Plant Sci.* 155:750-754. 1994.
- Storti, E. F. Biologia Floral de *Solanum sessiliflorum* Dun. Var. *sessiliflorum*, Na Região de Manaus, AM. *Acta Amazonica* 18(3 - 4): 55 - 65. 1988.
- Wille, A. Behavioral adaptations of bees for pollen collecting from *Cassia flowers*. *Revista de Biologia Tropical*. 11(2):205 - 210. 1963.