



FORMIGAS PODEM PROMOVER DISPERSÃO DIRECIONADA DE SEMENTES DISPERSAS PRIMARIAMENTE POR VERTEBRADOS NO CERRADO?

Alexander V. Christianini¹

Paulo S. Oliveira²

1 - Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba, Rod. João Lemes dos Santos km 110, Bairro Itinga, 18052 - 780, Sorocaba, SP, Brasil. Fone: 15 3229 - 5968-avchristianini@yahoo.com.br

2 - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Animal, Caixa Postal 6109, 13083 - 970, Campinas, SP, Brasil.

INTRODUÇÃO

O local onde uma semente é depositada no solo após sua remoção da planta - mãe é de extrema importância na vida de uma planta. Este local irá determinar todo o cenário em que a semente poderá germinar, crescer e se estabelecer, ou morrer (Wang & Smith 2002). Como a maior parte das plantas depende de animais para dispersar suas sementes, entender o modo como estes animais influenciam a dispersão de sementes é crucial para melhorarmos nossa compreensão sobre a regeneração e dinâmica de populações de plantas.

Algumas plantas possuem requerimentos especiais para germinação de suas sementes e estabelecimento das plântulas. Contudo, os microhabitats que apresentam estas condições frequentemente estão distribuídos de maneira imprevisível no tempo e no espaço. Para estas plantas, a dispersão das sementes pode ser altamente vantajosa se ela aumentar de maneira previsível as chances de deposição das sementes nestes microhabitats mais favoráveis, processo conhecido como “dispersão direcionada” (Howe & Smallwood 1982). Há, contudo, poucos exemplos bem documentados de dispersão direcionada, o que provavelmente reflete a raridade deste fenômeno na natureza e as dificuldades de identificar de maneira objetiva microsítios favoráveis do ponto de vista das plantas (Wenny 2001). Dentre os poucos exemplos conhecidos estão espécies de plantas mirmecocóricas, i.e. que possuem adaptações aparentes à dispersão por formigas. Tais espécies possuem frequentemente sementes envoltas em um elaiossomo, uma estrutura carnosa e rica em lipídeos. As formigas carregam as sementes com elaiossomos até seus ninhos, onde o elaiossomo é removido para alimentação (em especial das larvas) e a semente é posteriormente descartada, na maior parte das vezes intacta, podendo vir a germinar. O local de deposição final destas sementes (e.g. nas lixeiras dos ninhos de formigas) pode conferir uma série de vantagens adaptativas a estas plantas. Por exemplo, em solos pobres em nutrientes as lixeiras dos ninhos frequentemente se constituem em locais de maior fer-

tilidade do solo (revisão em Rico - Gray & Oliveira 2007). Porém, no Neotrópico a maior parte das espécies de plantas possui adaptações aparentes à dispersão por vertebrados frugívoros, e muito poucas espécies poderiam ser classificadas como tipicamente mirmecocóricas. Apesar disso, formigas frequentemente têm sido registradas coletando frutos e sementes de uma ampla gama de espécies vegetais que são dispersas primariamente por aves e mamíferos (e.g. Pizo & Oliveira 2000).

Nós suspeitamos que uma das razões para a pouca documentação de eventos de dispersão direcionada em plantas neotropicais esteja relacionada com a possibilidade de estas sementes sofrerem um segundo evento de dispersão após as sementes chegarem ao solo (e.g. Vander Wall & Longland 2004). Formigas são fortes candidatas a atuarem neste segundo estágio da dispersão, em razão de sua grande abundância no solo de ambientes tropicais e no uso generalizado de frutos e sementes na dieta de várias espécies. Neste trabalho nós acompanhamos a dispersão de sementes e a regeneração de *Erythroxylum pelleterianum* A. St. - Hil (Erythroxylaceae), um arbusto do cerrado disperso primariamente por aves.

OBJETIVOS

Nossos objetivos foram (i) avaliar o destino de frutos e sementes caídos ao solo; (ii) verificar a distribuição espacial e sobrevivência das plântulas; (iii) comparar características do solo dos locais de maior recrutamento das plântulas em busca de evidências de dispersão direcionada.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido entre novembro de 2004 e março de 2006 na Estação Experimental de Itirapina (22°12'S, 47°51'O), um fragmento de cerrado com menos de 200

ha no município de Itirapina, SP. *Erythroxylum pelleterianum* (Erythroxylaceae) (daqui em diante citado apenas pelo gênero) é um arbusto (raio da copa $0,6 \pm 0,2$ m) que atinge uma densidade de 125 plantas/ha no local de estudo. *Erythroxylum* produz frutos vermelhos, carnosos e com 0,8 cm de comprimento e 0,15 g de massa fresca (n=30). Cada fruto contém uma única semente (0,04 g) dispersa por aves. Não foi observada propagação vegetativa além dos arredores imediatos da planta - mãe, indicando que *Erythroxylum* é dependente de sementes para reprodução. As sementes possuem viabilidade curta (até 2 meses), e assim não há formação de bancos de sementes permanentes no solo.

Para avaliar a produção e destino das sementes, nós selecionamos dez indivíduos isolados de *Erythroxylum*. A produção de sementes/planta foi obtida a partir de contagens diretas dos frutos produzidos nos ramos, antes da maturação completa dos frutos. Observações focais foram realizadas ao longo de ca. 20 h para caracterizar as espécies e o comportamento das aves em visitas às plantas com frutos maduros.

Para identificar a fauna de formigas que interagiu com os frutos e/ou sementes caídas ao solo nós registramos todas as interações de formigas com frutos dispostos no solo em 30 estações a cada 10 m, 1 - 2 m fora das trilhas que cortam a reserva. As estações foram observadas a intervalos regulares, registrando as formigas e seu comportamento em interação com os frutos. Quando possível, formigas carregando os frutos foram seguidas até seus ninhos, permitindo a coleta de informações sobre a distância de transporte da semente. Espécimes testemunho das formigas estão depositados na coleção entomológica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (CECL).

Para verificar se o tratamento dado às sementes pelas formigas poderia afetar sua viabilidade, frutos frescos de *Erythroxylum* foram oferecidos para formigas *Pachycondyla* sp. (n=8), cujas colônias eram mantidas em laboratório. O comportamento das formigas em relação aos frutos e sementes foi acompanhado ao longo de duas semanas. As sementes descartadas pelas formigas foram submetidas a experimentos de germinação em casa de vegetação e a germinação comparada com a obtida em sementes cuja polpa foi removida manualmente.

Para verificar a contribuição de formigas e vertebrados na remoção de frutos e sementes sobre o solo foram realizados experimentos de remoção com o uso de exclusões seletivas. Vertebrados foram excluídos do acesso a frutos e sementes com o uso de uma gaiola de exclusão (17 x 17 x 8 cm) revestida com tela metálica de 1,5 cm de diâmetro. Pares de frutos foram colocados sobre o solo em cinco estações de remoção dispostas ao redor de 30 indivíduos adultos de *Erythroxylum* distantes pelo menos 20 m entre si. Cada par foi constituído por um fruto disposto sob uma gaiola e um fruto a ca. 15 cm, fora da gaiola (controle), permitindo o acesso a todos os animais (vertebrados e formigas). A remoção dos frutos foi verificada após 24 h. O mesmo procedimento foi realizado com relação à remoção de sementes. Os resultados da remoção de frutos e sementes foram analisados por meio de análise de variância fatorial.

Para verificar o efeito das formigas na distribuição e sobrevivência das plântulas de *Erythroxylum* foram dispostas

parcelas (50 x 50 cm) sobre a lixeira de formigueiros (n=57) e em controles pareados (2 m do formigueiro em direção ao acaso). As plântulas encontradas foram marcadas e sua sobrevivência acompanhada ao longo de um ano. Após este período foram coletadas amostras de solo dos arredores de formigueiros e das áreas controle distantes de formigueiros (n=10). As amostras de solo foram analisadas quanto ao conteúdo de macro e micronutrientes, pH e matéria orgânica no Instituto Agronômico de Campinas. Os resultados das análises de solo foram empregados em uma análise de componentes principais (PCA) e os scores obtidos para cada componente principal foram comparados entre amostras pareadas de ninhos e controles por meio de teste - t pareado.

RESULTADOS

Cada *Erythroxylum* adulto produziu em média 1.162 frutos (amplitude de 252 a 4.828; n=10). As observações focais indicaram que as aves que visitam as plantas derubam ca. 20% dos frutos/sementes manipulados sob a planta - mãe. Estes frutos e sementes caídos atraíram uma rica fauna de formigas, composta por 11 gêneros e 21 espécies/morfoespécies. Formigas nos gêneros *Pachycondyla*, *Odontomachus* e *Dinoponera* (Ponerinae), além de *Ectatomma* (Ectatomminae) foram responsáveis por 36% das interações registradas.

Formigas removeram cerca de 51% e 27% dos frutos e sementes, respectivamente, dispostos nos experimentos de remoção sob as plantas parentais, enquanto que a remoção nos tratamentos controle (formigas + vertebrados) atingiu 63% e 33% dos frutos e sementes, respectivamente. Embora a remoção tenha diferido entre os tratamentos ($p=0,02$) é evidente que formigas são a principal fonte de remoção de frutos e sementes caídos ao solo. As sementes transportadas por formigas foram deslocadas até os ninhos distantes a 1,42 m em média. Além disso, formigas removeram o dobro dos frutos em relação às sementes ($p < 0,001$), indicando que estes insetos estão especialmente interessados na polpa. Isso sugere uma menor probabilidade da remoção ter sido efetuada por formigas granívoras. Os experimentos em laboratório confirmaram esta expectativa: apenas 3% das sementes ofertadas a colônias cativas de *Pachycondyla* sp. foram predadas, o restante sendo depositado intacto nas lixeiras dos ninhos ou no interior dos mesmos após a remoção da polpa. A germinação destas sementes não diferiu daquela verificada em sementes que tiveram a polpa removida manualmente (71% versus 73%). Assim, formigas podem ser consideradas dispersoras legítimas das sementes de *Erythroxylum* caídas ao solo.

Plântulas de *Erythroxylum* foram mais comumente encontradas associadas aos ninhos de formigas do que em áreas controle ($p=0,003$). Ao longo de um ano a sobrevivência de plântulas foi maior nos ninhos do que fora dos ninhos (n=86 plântulas, $p < 0,05$). Três componentes principais relacionados com gradientes de fertilidade do solo foram sugeridos pela PCA. Os scores de dois componentes principais relacionados com PH, H + AL, CTC e Fe (que retiveram 22% e 10% da variabilidade das amostras) não diferiram para amostras de solo obtidas nos ninhos de formigas ou controles. O primeiro componente principal (que reteve

44% da variabilidade das amostras), foi relacionado positivamente com a concentração de matéria orgânica, P, Ca, Mg, saturação de bases, B, Cu, Mn e Zn no solo. Os scores deste componente principal diferiram para amostras obtidas nos ninhos de formigas e nos controles ($p < 0,01$), indicando que os formigueiros apresentam maior fertilidade do solo. Esta característica, observada em outras localidades ao redor do globo (revisão em Rico - Gray & Oliveira 2007), pode ser uma das razões para o melhor desempenho das plântulas associadas aos formigueiros em relação àquelas crescendo em áreas distantes dos formigueiros.

Resultados semelhantes aos deste estudo foram obtidos para outras espécies de plantas crescendo sobre solos pobres, como *Clusia criuva* na restinga da Ilha do Cardoso, SP (Passos & Oliveira 2002). Nestes sistemas, aves devem responder pela dispersão das sementes a longas distâncias, proporcionando a colonização de novos habitats e influenciando na dinâmica de metapopulações. Por outro lado, as formigas devem ser responsáveis pelo rearranjo das sementes caídas ao solo, promovendo um ajuste fino da dispersão de forma direcionada para os formigueiros onde o desempenho das plântulas é melhor. Esta pode ser uma das causas para a freqüente escassez de exemplos de dispersão direcionada para espécies de plantas que possuem sementes pequenas e são dispersas primariamente por aves.

CONCLUSÃO

Embora *Erythroxylum* possua adaptações à dispersão por aves, as formigas são parte importante do processo de dispersão de suas sementes. Formigas removem a maior parte dos frutos caídos sob a planta - mãe a distâncias curtas, depositando as sementes nas lixeiras dos ninhos onde o desem-

penho das plântulas é favorecido. Enquanto as aves devem ser responsáveis pela dispersão à longa distância, formigas promovem a dispersão direcionada para sítios onde há maior chance de recrutamento das plântulas, i.e. os formigueiros no cerrado.

(Agradecimentos: A.V.C. agradece à FAPESP [no. 02/12895 - 8] e FAEPEX/UNICAMP pelo suporte do doutorado junto ao Programa de Pós - Graduação em Ecologia da Unicamp do qual este trabalho é parte. P.S.O. recebe apoio do CNPq [no. 304521/2006 - 0] e FAPESP [no. 08/54058 - 1]).

REFERÊNCIAS

1. Howe, H.F., Smallwood, J. Ecology of seed dispersal. *Ann. Rev. Eco. Syst.*, 13: 201 - 228, 1982.
2. Passos, L., Oliveira, P.S. Ants affect the distribution and performance of seedlings of *Clusia criuva*, a primarily bird - dispersed rain forest tree. *J. Ecol.*, 90: 517 - 528, 2002.
3. Pizo, M.A., Oliveira, P.S. The use of fruits and seeds by ants in the Atlantic forest of southeast Brazil. *Biotropica*, 32: 851 - 861, 2000.
4. Rico - Gray, V., Oliveira, P.S. *The ecology and evolution of ant - plant interactions*. The University of Chicago Press, Chicago, 2007, 320p.
5. Vander Wall, S.B., Longland, W.S. Diplochory: are two seed dispersers better than one? *TREE*, 19: 297 - 304, 2004.
6. Wang, B.C., Smith, T.B. Closing the seed dispersal loop. *TREE*, 17: 379 - 385, 2002.
7. Wenny, D.G. Advantages of seed dispersal: a reevaluation of directed dispersal. *Evol. Ecol. Res.*, 3: 51 - 74, 2001.