



Altos níveis de frugivoria reduzem a capacidade de dispersão de frutos alados em uma espécie de restinga (Malpighiaceae)

Juliana Lopes Vendrami, Catalina Sánchez Quirós, Rafael Camargo Consolmagno & Tauana Junqueira da Cunha

RESUMO: O processo de dispersão em plantas corresponde ao deslocamento dos diásporos para longe da planta-mãe. Entre várias estratégias de dispersão está a anemocoria, que é a dispersão pelo vento. Diversos fatores podem influenciar a capacidade de dispersão anemocórica, como a altura da planta-mãe e o consumo de partes dos frutos e das sementes a serem dispersados. Neste estudo, testamos o efeito da frugivoria na capacidade de dispersão de frutos alados em uma espécie de Malpighiaceae de restinga. Quantificamos a área, o nível de frugivoria e o tempo de queda dos frutos. Frutos pouco consumidos mantiveram a mesma capacidade de dispersão de frutos não consumidos, porém altos níveis de frugivoria tiveram relação negativa com o tempo de queda dos frutos. Em altos graus de frugivoria, a área do fruto tem maior efeito sobre o tempo de queda e diásporos menores são mais afetados.

PALAVRAS-CHAVE: anemocoria, dispersão pelo vento, sâmara, tempo de queda

INTRODUÇÃO

O processo de dispersão é o deslocamento das sementes ou de outros diásporos para longe da planta-mãe. A dispersão tem importantes implicações na distribuição regional e local das espécies (Clark *et al.*, 1999; Bacles *et al.*, 2006) uma vez que a remoção dos diásporos de perto da planta-mãe possibilita o escape da mortalidade denso-dependente (Janzen, 1970; Connel, 1971). Além disso, a dispersão de sementes contribui para o aumento e manutenção da variabilidade genética, já que pode propiciar maior fluxo gênico entre populações (Young *et al.*, 1996; Bacles *et al.*, 2006).

Plantas apresentam diversos mecanismos de dispersão de frutos e sementes, tais como a barocoria (diásporos dispersos por cápsulas explosivas), a zoocoria (diásporos transportados por animais), a hidrocoria (diásporos transportados pela água) e a anemocoria (diásporos transportados pelo vento) (Raven *et al.*, 2007). Em plantas com mecanismo anemocórico, os frutos ou sementes geralmente são secos e podem apresentar plumas, pelos ou alas (Raven *et al.*, 2007). Essas estruturas aumentam a resistência do vento nos diásporos (Wilson & Travaset, 2000; Tackenberg *et al.*, 2003) e resultam em uma maior capacidade de dispersão.

Além de características estruturais específicas que favorecem a aerodinâmica dos diásporos, fatores externos também afetam a capacidade de dispersão dessas unidades de dispersão. Alguns desses fatores são a direção e a velocidade dos ventos, a altura da planta-mãe, a presença de outras plantas e a ação de organismos que causem danos aos

frutos e sementes (Burrows, 1986; Tackenberg *et al.*, 2003). Quando herbívoros ou frugívoros causam danos nos diásporos, o potencial de dispersão das plantas pode ser reduzido (Burrows, 1986).

Na Floresta Atlântica, há várias plantas com dispersão anemocórica, como algumas espécies da família Malpighiaceae encontradas na restinga arbustiva do litoral sul de São Paulo (Mamede *et al.*, 2004). Uma dessas espécies é uma trepadeira que possui frutos secos e alados (sâmaras) que se encontram presos à planta-mãe por um receptáculo. Apesar de possuírem uma estrutura bastante fibrosa, os frutos podem apresentar alto grau de danos produzidos por frugívoros. Nesse contexto, investigamos como a frugivoria afeta a capacidade de dispersão dos frutos nessa espécie de Malpighiaceae. Nossa hipótese é que a capacidade de dispersão está relacionada negativamente com a frugivoria e positivamente com o tamanho dos frutos.

MATERIAL & MÉTODOS

Coletamos todas as sâmaras maduras de três indivíduos de Malpighiaceae sp. encontrados na borda da floresta de restinga próxima à praia do Guarauzinho (24°38'S, 47°01'O), Estação Ecológica Juréia-Itatins, no município de Peruibe, São Paulo. Assumimos que a perda de área encontrada na ala dos frutos em campo foi causada por frugívoros. Estimamos a extensão da frugivoria classificando os frutos em três categorias: H0 – sem frugivoria, H1 – 0,1 a 25% da área consumida e H2 – mais de 25%

da área consumida. Para isso, fotografamos cada fruto e calculamos a área da superfície com o programa ImageJ.

Para avaliar a capacidade de dispersão dos frutos, cronometramos o tempo de queda de cada fruto de uma altura de 3,15 m até o chão. Padronizamos o modo de soltura utilizando uma pinça para segurar a base do fruto, na qual se encontra a semente, e o soltamos com a ala voltada para cima. Nossas previsões eram: (a) frutos com maior grau de frugivoria apresentariam menor tempo de queda e (b) frutos com maior área apresentariam maior tempo de queda.

Para avaliar o tempo de queda (variável resposta) em função do grau de frugivoria (variável preditora), utilizamos como estatística de interesse a diferença entre o intercepto da reta de regressão de H1 e o intercepto da reta de H0, e a diferença entre o intercepto da reta de regressão de H2 e o intercepto da reta de H0. Realizamos 10.000 permutações sem reposição entre os dados de tempo de queda para obter dois cenários nulos de diferença entre os interceptos. Calculamos a probabilidade dessa diferença ocorrer ao acaso dividindo o número de valores da simulação que foram menores ou iguais ao valor observado pelo número total de permutações.

Para testar a relação entre o tempo de queda (variável resposta) e a área do fruto (variável preditora), utilizamos como estatística de interesse a inclinação da reta de regressão de cada grau de frugivoria. Simulamos o cenário nulo a partir de 10.000 permutações sem reposição dos dados de tempo de queda. Para calcular a probabilidade de cada inclinação ser encontrada ao acaso, dividimos o número de valores da simulação que foram maiores ou iguais ao do valor observado pelo número total de permutações.

RESULTADOS

No total, coletamos 142 frutos alados. A área dos frutos variou de 0,34 a 5,81 cm², sendo a média (\pm DP) das áreas 3,01 \pm 1,23 cm². O tempo médio (\pm DP) de queda dos frutos foi de 2,08 \pm 0,69 s, variando de 0,76 a 3,61 s. Não encontramos relação entre o grau de frugivoria e o tempo de queda dos frutos (diferença entre interceptos: H1 e H0 = 0,568; p = 0,153; H2 e H1 = -0,506; p = 0,451) (Figura 1a). A área dos frutos não teve influência no tempo de queda em nenhuma categoria de frugivoria (H0: R² = -0,036; p = 0,496; H1: R² = -0,011; p = 0,570; H2: R² = -0,043; p = 0,450) (Figura 1a).

Realizamos uma segunda análise retirando os registros dos frutos alados que tiveram tempo de

queda entre 0 e 1,25 s. Dessa maneira, desconsideramos os frutos que não pairaram no ar e ficamos apenas com aqueles frutos que planaram, i.e., 121 unidades de dispersão (85% dos dados originais). Nesse cenário, o grau mais baixo de frugivoria também não afetou o tempo de queda (diferença entre interceptos: H1 e H0 = 0,515; p = 0,693) (Figura 1b). Entretanto, encontramos relação entre os altos níveis de frugivoria e o tempo de queda dos frutos (diferença entre interceptos H2 e H1 = -0,749; p = 0,011). A área dos frutos apresentou uma pequena relação positiva com o tempo de queda para frutos sem frugivoria (H0: R² = 0,099; p = 0,033). Para frutos com baixo grau de frugivoria, não houve relação entre a área dos frutos e o tempo de queda (H1: R² = -0,011; p = 0,68). Porém, essa relação entre a área do fruto e o tempo de queda foi reforçada para níveis elevados de frugivoria (H2: R² = 0,225; p = 0,011) (Figura 1b).

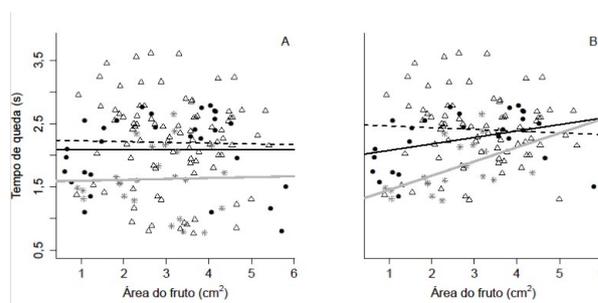


Figura 1. Relação entre o tempo de queda e a área dos frutos alados para cada categoria de frugivoria de uma espécie de Malpighiaceae na Estação Ecológica Juréia-Itatins. (a) Análise feita com 142 frutos alados. (b) Análise feita com 121 frutos alados, excluindo os frutos que tiveram tempo de queda total menor do que 1,25 s. Círculos e retas contínuas de cor preta representam o grau de frugivoria H0 (0%), triângulos e retas tracejadas representam o grau de frugivoria H1 (0,1 a 25%) e asteriscos e linhas contínuas cinzas representam o grau de frugivoria H2 (acima de 25%).

DISCUSSÃO

Observamos que o grau de frugivoria influencia a capacidade de dispersão dos frutos alados em uma espécie de Malpighiaceae de restinga. Graus moderados de frugivoria (até 25%) não tiveram efeito na capacidade de dispersão. Entretanto, graus elevados de frugivoria (mais que 25%) impõem aos frutos um prejuízo em sua capacidade de dispersão, reduzindo seu tempo de queda. A área dos frutos sem danos teve relação com a capacidade de dispersão e essa relação foi amplificada em frutos com alto grau de frugivoria.

O fato da frugivoria ter afetado negativamente a capacidade de dispersão dos frutos quando em grau elevado tem uma implicação biológica importante,

já que frutos pouco danificados mantêm sua capacidade de dispersão. Entretanto, frutos com grande área consumida têm sua dispersão prejudicada, podendo não conseguir se afastar da planta-mãe o suficiente para evitar competição intraespecífica (Janzen, 1970; Connel, 1971) ou ultrapassar barreiras físicas ou biológicas, como a presença de um rio ou de predadores de sementes. Ainda, é possível que o formato e a posição do dano no fruto também tenham efeito diferencial sobre a aerodinâmica das unidades de dispersão (Murray, 1986). Portanto, sugerimos que sejam feitos estudos que simulem a frugivoria manipulando o formato e o grau do dano.

Dado que uma maior superfície plana dos frutos anemocóricos, em geral, permite melhor estabilidade no ar (Burrows, 1986), era esperado que quanto maior fosse a área do fruto, maior seria o tempo de queda. Essa relação foi encontrada para frutos sem frugivoria. Entretanto, apenas 10% da variação no tempo de queda foi explicada pela área do fruto. Isso significa que, em frutos sem danos, uma área maior pode implicar em maior capacidade de dispersão do fruto, porém outros fatores podem afetar a dispersão, sobrepujando o efeito da área (Tackenberg *et al.*, 2003). Nos frutos com maior grau de frugivoria, entretanto, a magnitude da influência da área foi maior. Isso significa que um fruto pequeno muito consumido terá um grande prejuízo na sua capacidade de dispersão, porém um fruto de maior área com o mesmo grau de frugivoria pode não ter sua capacidade de dispersão alterada. Uma vez que frutos pequenos são mais prejudicados pela frugivoria, investir em frutos pequenos pode não ser a melhor estratégia para a planta-mãe. Nessas situações, talvez seja mais vantajoso investir em frutos maiores que, apesar de serem mais custosos, têm maiores chances de conseguir se dispersar mesmo quando sujeitos à frugivoria. Seria interessante investigar se existe essa demanda conflitante e o consequente investimento diferencial de indivíduos adultos na produção de frutos de diferentes tamanhos em condições distintas de exposição a frugívoros. Partindo da relação entre grau de frugivoria, tempo de queda e área do fruto, propomos a hipótese de que plantas menos sujeitas a frugívoros investiriam mais em produzir uma maior quantidade de frutos menores. No entanto, em condições de alto grau de frugivoria, a planta-mãe produziria menos frutos de maior tamanho.

Os dados iniciais com 142 frutos alados não mostraram nenhuma relação entre grau de frugivoria ou área do fruto e o tempo de queda. Entretanto, enquanto as medições aconteciam, percebemos que a metodologia empregada avaliou exclusivamente o componente vertical da dispersão dos frutos. Logo,

dependendo do ângulo que o fruto tomava durante a queda, ele poderia cair sem antes pairar no ar com a rotação da ala. Dessa forma, nosso experimento não reproduziu as condições naturais em que haveria um componente horizontal do vento na liberação das unidades de dispersão da planta-mãe (Tackenberg *et al.*, 2003). É possível que a ausência desse componente horizontal tenha gerado registros que mascararam o efeito real da área do fruto sobre o tempo de queda. Por esse motivo, também analisamos os dados excluindo os frutos que caíram bruscamente, chegando ao chão em menos de 1,25 s. Para estudos futuros, sugerimos a simulação do componente horizontal da dispersão dos frutos e o acréscimo da medida de massa dos frutos. Com a massa, é possível calcular o índice de carga alar (massa/área), que pode ser uma variável importante na avaliação da capacidade de dispersão de frutos alados (Augspurger, 1986).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Bruno Rosado e à Julia Astegiano pela orientação, pelas discussões e pelo apoio. Agradecemos também à Camila Castanho, Paula Valdujo e Glauco Machado pela discussões e ajuda com as análises.

REFERÊNCIAS

- Augspurger, C.K. 1986. Morphology and dispersal potential of wind dispersed diaspores of neotropical trees. *American Journal of Botany*, 73:353-363.
- Bacles, C.; A. Lowe & R. Ennos. 2006. Effective seed dispersal across a fragmented landscape. *Science*, 311:628-628.
- Burrows, F.M. 1986. The aerial motion of seeds, fruits, spores and pollen, pp. 1-48. Em: *Seed dispersal* (D.R. Murray, ed.). Academic Press, San Diego.
- Clark, J.S.; M. Silman; R. Kern; E. Macklin & J.H. Lambers. 1999. Seed dispersal near and far: patterns across temperate and tropical forests. *Ecology*, 80:1475-1494.
- Connel, J.H. 1971. *On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.
- Janzen, D.H. 1970. Herbivories and the number of trees species in tropical forests. *American Naturalist*, 104:501-528.

- Mamede, M.C.H.; I. Cordeiro; L. Rossi; M.M.R.F. Melo & R.J. Oliveira. 2004. Mata Atlântica, pp. 115-132. Em: *Estação Ecológica Juréia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna* (O.A.V. Marques & W. Duleba, eds.). Holos, Ribeirão Preto.
- Raven, P.H.; R.F. Evert & S.E. Eichhorn. 2007. *Biologia vegetal*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- Tackenberg, O.; P. Poschlod & S. Bonn. 2003. Assessment of wind dispersal potential in plant species. *Ecological Monographs*, 73:191-205.
- Wilson, M.F. & A. Traveset. 2000. The ecology of seed dispersal, pp. 85-110. Em: *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* (M. Fenner, ed.). CABI Publishing, Wallingford.
- Young, A.G.; T. Boyle & T. Brown. 1996. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. *Trends in Ecology and Evolution*, 11:413-418.

Orientação: Julia Astegiano & Bruno Rosado