



A atratividade de plantas agregadas para visitantes florais não depende da disponibilidade de flores

Rodolfo Liporoni

RESUMO: Indivíduos buscam maximizar ganhos e minimizar custos de forrageamento. Quando os recursos são distribuídos em manchas, eles precisam escolher as melhores manchas e decidir quanto tempo permanecer nelas. Sistemas flor-visitante são modelos para se estudar escolhas de forrageio, pois plantas podem florir juntas e formar manchas com atributos variáveis. Meu objetivo foi investigar como a disponibilidade de flores influencia a atração de visitantes florais. Realizei um experimento com 24 moitas floridas, divididas equitativamente entre controle e tratamento de redução de flores. Contabilizei visitas durante 10 minutos por moita em dois momentos: antes e depois do corte de 50% das flores nas moitas sob tratamento. Descontando o efeito da variação temporal de visitas, a redução da disponibilidade de flores nas moitas não diminuiu a sua atratividade. Sugiro que outros aspectos influenciam a atratividade das moitas, como sua posição na paisagem e a previsibilidade dos recursos que oferecem aos visitantes.

PALAVRAS-CHAVE: disponibilidade de recurso, exibição floral, forrageamento ótimo, plantas ruderais, tamanho da mancha, taxas de visitação.

INTRODUÇÃO

Grande parte do tempo de vida dos organismos é dispendida para o forrageamento, que inclui localizar, manipular e ingerir os recursos necessários para suas atividades vitais (Dugatkin, 2004). Os recursos variam temporal e espacialmente, podendo ser encontrados em manchas de diferentes quantidades e qualidades (Begon *et al.*, 2007). Perante recursos com distribuição espacialmente agregada em manchas, indivíduos forrageando enfrentam dilemas sobre a escolha das manchas, devendo ponderar o ganho energético que elas oferecem, a taxa de encontro e o tempo dispendido para manipular e ingerir os recursos disponíveis (Brown, 2009).

Manchas com maior disponibilidade de recursos oferecem mais benefícios, o que permite aos indivíduos maximizarem seus ganhos energéticos com pouco custo. Contudo, o ganho líquido por unidade de recurso diminui conforme o recurso é depletado, e passa a ser mais vantajoso para os indivíduos se alimentarem em manchas com recursos menos depletados (Dugatkin, 2004). Como o deslocamento entre manchas representa um custo a ser minimizado, os indivíduos devem otimizar o balanço entre tempo de permanência em uma mancha e a busca por novas manchas (Brown, 2009). Um indivíduo deve preferir manchas com maior disponibilidade de recursos e nelas permanecer enquanto seu ganho líquido superar o que seria obtido

em manchas melhores, descontados os custos de encontrá-las (Dugatkin, 2004). Assim, é esperado que as manchas com maior disponibilidade de recursos sejam atrativas para os forrageadores (Brown, 2009).

Um bom modelo para o estudo da atratividade de manchas que variam em quantidade e qualidade dos recursos para forrageadores é o sistema flor-visitante. As plantas comumente se distribuem em agregados, podendo florescer juntas e formar um mosaico de flores de diferentes tipos e quantidades (Kunin, 1997). Os visitantes florais são majoritariamente insetos que, em geral, forrageiam por curtas distâncias e que enxergam agregados de plantas como manchas de recurso (Dugatkin, 2004). Como as flores sinalizam sua localização para visitantes via sinais visuais (Rech *et al.*, 2014), a atratividade de manchas de indivíduos floridos pode ser descrita pelo número de visitas às flores, o que pode facilmente ser medido em campo (Hegland & Totland, 2005). Quanto maior o número de flores em uma mancha, maior o efeito da exibição visual e do potencial de atração de visitantes, o que pode aumentar o sucesso reprodutivo das plantas (Rech *et al.*, 2014).

Supondo que as distâncias entre moitas podem ser altas para visitantes como insetos e que as manchas podem variar em atratividade de acordo com a exibição floral (Rech *et al.*, 2014), o objetivo

deste trabalho foi investigar como a disponibilidade de flores influencia a atração de visitantes florais. Minha hipótese é que as manchas com mais flores são mais atrativas para os visitantes florais.

MATERIAL & MÉTODOS

Área de estudo e coleta de dados

Realizei observações dos visitantes florais de 24 moitas de espécies herbáceas floridas nas calçadas e bordas de fragmentos da área urbana do bairro do Guaraú, periferia de Peruíbe, São Paulo (24°22'S, 47°1,8'O). Defini como moita um agregado de indivíduos herbáceos floridos, contendo qualquer número de espécies e com diâmetro máximo de dois metros entre as flores mais distantes. Anotei a composição de espécies e a quantidade de flores presentes em cada moita. Quatorze moitas eram monoespecíficas e dez moitas, multiespecíficas (Tabela A1). As moitas distavam entre 50 e 500 metros umas das outras.

Agrupei as moitas em pares, sendo que cada par possuía a mesma composição de espécies floridas. Para padronizar a mesma quantidade de flores abertas em cada par, cortei as flores excedentes da moita com mais flores um dia antes das observações começarem, de forma que moitas dentro do mesmo par fossem o mais parecidas possíveis. As moitas pareadas possuíam também as mesmas condições microclimáticas, isto é, eram ou ambas sombreadas ou ambas expostas à luz solar direta. Cada par de moitas correspondia a um bloco, totalizando 12 blocos que variaram entre si em composição, quantidade de flores abertas e condições microclimáticas.

Realizei um experimento em bloco no qual categorizei aleatoriamente cada moita dentro de um bloco como controle ou redução. O tratamento de redução consistiu na redução do número de flores em 50% para cada espécie presente em uma moita. No início do primeiro dia, as moitas dentro de cada par eram iguais quanto à composição de espécie e à quantidade de flores por espécie. Ao final do primeiro dia, cortei as flores das moitas do tratamento de redução. Realizei observações de 10 minutos em cada moita nos dois dias, antes e depois do tratamento de redução. Observei as moitas entre 8:00 e 16:00, anotando o número de visitas por flor e por espécie e identificando o visitante floral, sempre que possível. As observações das moitas do mesmo par ocorreram em sequência e cada moita foi observada no mesmo horário nos dois dias. As moitas não manipuladas dentro de cada bloco são o controle para eventuais variações das visitas

entre os dias causadas por outros fatores que não o tratamento. Em cada moita, considere apenas uma visita todas as visitas de espécies de abelhas sociais para descontar possíveis efeitos do recrutamento de outros indivíduos da colônia, o que pode não refletir necessária e diretamente a atratividade da moita para a primeira abelha da colônia que a detectou.

Análise de dados

Contabilizei o número de visitas totais (v) em cada moita e calculei a diferença temporal (dt) entre as visitas do segundo (v_2) e do primeiro dia (v_1) para cada moita, segundo a equação: $dt = v_2 - v_1$. Valores positivos de dt indicariam um aumento do número de visitas, enquanto valores negativos indicariam sua diminuição. Eu esperava que as moitas do tratamento de redução apresentassem valores negativos de dt , indicando assim a queda do número de visitas totais após a redução do número de flores. O valor de dt deveria ter baixa variação nas moitas controle se não houvesse variação temporal nos fatores determinantes da atratividade floral e dos padrões de atividade dos animais. Dentre tais fatores estão as variações climáticas, incluindo grau de radiação solar e temperatura, que podem influenciar tanto a produção de néctar (Kenoyer, 1917) como o forrageamento dos visitantes (Vicens & Bosch, 2000).

Para controlar o efeito de variações temporais no número de visitas, calculei a diferença (DT_i) entre as diferenças temporais do tratamento de redução e do tratamento controle para cada bloco i e extrai a média para todos os blocos ($n = 12$) como \bar{DT} . A diferença entre \bar{DT} e DT_i indica o quanto da queda de visitas se deve apenas ao efeito da redução de flores, depois de descontado o efeito de variações temporais no número de visitas. Como a atratividade da moita depende da quantidade de flores disponíveis, eu esperava que as diferenças temporais das moitas submetidas à redução de flores (DT_{red}) fossem negativas e menores do que as diferenças temporais das moitas controle (DT_{cont}) dentro de cada bloco. Adicionalmente, eu esperava que o valor de \bar{DT} , que corresponde à minha estatística de interesse, fosse negativo em consequência da queda de visitas nas moitas cujos números de flores foram reduzidos em relação aos controles.

Para testar se obtido em meu experimento difere do que seria esperado ao acaso, realizei um teste de significância por permutação utilizando os pacotes *Rsampling* (Prado *et al.*, 2016) e *shiny* (Chang *et al.*, 2015) do programa R (R Core Team, 2016). Dentro de cada bloco, aleatizei as diferenças temporais (dt) entre os dois tratamentos.

Em seguida, calculei o valor de da aleatorização. Repeti esse procedimento 10 mil vezes, calculando a probabilidade do observado empiricamente ser obtido em um cenário nulo, considerando um nível de significância de 5%.

RESULTADOS

O número total de eventos de visitas registrados foi de 230 no primeiro dia de observações e de 105 visitas no segundo dia, o que representa uma queda de 45%. Essa queda possivelmente se deve a variações climáticas entre os dois dias observados; o primeiro dia estava ensolarado, quente e com pouco vento e o segundo dia, nublado e com vento moderado. O número de visitas registrado em cada moita estão representadas na Tabela A2. Moitas monoespecíficas receberam em média $5,06 \pm 5,49$ (média \pm desvio padrão) visitas, enquanto moitas multiespecíficas receberam $12,15 \pm 16,03$ visitas. Observei um total de 49 morfoespécies de visitantes florais, sendo os mais frequentes pertencentes às ordens Hymenoptera (18 morfoespécies), Lepidoptera (13), Diptera (9) e Coleoptera (4). A diferença temporal de visitas (dt) foi de $-5,67 \pm 13,54$, para as moitas controle, e $-4,75 \pm 13,64$, para as moitas reduzidas, indicando que houve quedas de visitas para ambos os tratamentos de um dia para o outro. A média das diferenças de dt (diferença temporal de visitas) entre os dois tratamentos () não foi diferente do que seria esperado pelo acaso, indicando que a queda do número de visitas foi similar entre as moitas reduzidas em flores e as moitas controle ($t = 0,917$, $p = 0,593$; Figura 1). Portanto, o número de visitas não foi influenciado pela redução do número de flores disponíveis nas moitas manipuladas.

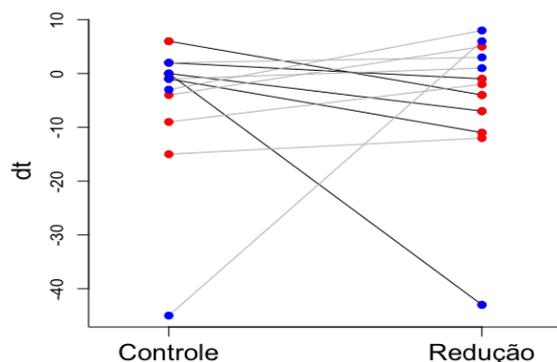


Figura 1. Valores pareados das diferenças temporais de visitas (dt) nos tratamentos controle e redução de flores. As cores indicam moitas monoespecíficas (vermelho) e multiespecíficas (azul).

DISCUSSÃO

Encontrei uma redução da atratividade geral das moitas entre os dois dias observados para os dois tratamentos, possivelmente devido a variações climáticas. Contudo, mesmo após descontar o efeito dessa variação temporal em cada tratamento, não houve diferença na atratividade entre as moitas reduzidas em flores e as moitas não manipuladas. Portanto, ao menos na escala de tempo aqui considerada, a redução da disponibilidade de flores nas moitas não diminui a sua atratividade. Dessa forma, outros mecanismos devem contribuir para a atratividade, mantendo a intensidade de visitação observada em cada moita.

Pelo menos dois mecanismos plausíveis e não-exclusivos podem explicar a manutenção da visitação frente à redução da disponibilidade floral. Primeiro, há evidências de que a constância dos polinizadores está correlacionada à posição relativa de um dado indivíduo vegetal, mas não à taxa de visitação que as flores do mesmo indivíduo recebe (Kunin, 1997). Dado que visitantes florais, como abelhas e borboletas, possuem alta fidelidade a uma rota de forrageio pré-definida (Rech *et al.*, 2014), é possível que a posição das moitas dentro de rotas estabelecidas seja mais importante para atrair visitantes do que sua quantidade de flores em um dado instante de tempo.

Outro aspecto das moitas que pode influenciar a sua atratividade é a previsibilidade dos recursos que oferecem. Essa previsibilidade só pode ser avaliada se os indivíduos forem capazes de aprender e memorizar a localização das melhores fontes alimentares e como explorá-las da maneira mais eficiente (Dugatkin, 2004). Há várias evidências que apontam para essas capacidades cognitivas em abelhas, que são os principais visitantes florais (Brito *et al.*, 2014), inclusive neste estudo. Como os indivíduos desenvolveram estratégias de forrageamento que maximizam a relação custo-benefício (Dugatkin, 2004), uma fonte alimentar com menos recurso, mas acessível e já memorizada pode ser uma escolha melhor do que arriscar a busca por uma outra fonte com mais recursos e incerta (Dugatkin, 2004). Moitas com flores reduzidas oferecem menor ganho energético bruto, mas o ganho líquido ainda pode ser alto devido ao fato dos indivíduos já saberem como encontrar e manipular as flores (Davies *et al.*, 2012). Encontrar outra moita com mais recursos poderia implicar em custos decorrentes do aprendizado de como manipulá-las, se forem diferentes das previamente conhecidas (Davies *et al.*, 2012). Assim, seria esperado que os indivíduos preferissem visitar moitas conhecidas,

mesmo que elas variassem na disponibilidade de recursos. A previsibilidade do recurso seria, portanto, mais importante do que a sua quantidade. Assim, esperaríamos que a redução da disponibilidade de flores não influenciasse a atratividade das moitas, como sugerem meus dados.

Concluí que a atratividade das moitas estudadas não depende da disponibilidade de flores, o que sugere que outros mecanismos podem explicar melhor as suas taxas de visitação. Um deles é a posição das moitas, já que alguns visitantes florais possuem rotas fidedignas de forrageio. Segundo, a previsibilidade de moitas já memorizadas pode garantir acesso a um recurso fácil e com ganho energético líquido ainda alto. Isso porque os visitantes já sabem como manipular suas flores, o que justifica atratividades semelhantes entre as moitas, mesmo com a redução da disponibilidade de flores. Estudos futuros podem testar como esses mecanismos interagem para gerar diferentes padrões de visitação em manchas variáveis, contribuindo assim para aumentar nosso conhecimento sobre dinâmicas de forrageamento em manchas de diferentes qualidades e quantidades. Essas perspectivas para novas pesquisas são tão desafiadoras quanto relevantes, pois conhecendo melhor a dinâmica de atratividade de flores em agregados e as escolhas de forrageio dos indivíduos, poderemos melhor subsidiar estratégias de conservação e de uso dos serviços ecossistêmicos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não seria possível sem a colaboração imprescindível do Prof. Paulo Inácio (dicas sobre delineamento e análise e identificação de plantas) e do Murilo Rodrigues (coleta de dados e identificação de plantas). Gostaria de agradecer também ao Billy, à Diana e à Paula pelas valiosas discussões e comentários. Por fim, obrigado aos revisores Rafael e Adrian, que ajudaram na preparação da versão final do manuscrito, e aos amigos que fiz durante o curso, pelo apoio moral e pelos momentos indispensáveis de distração.

REFERÊNCIAS

- Begon, M.; C.R. Townsend & J.L. Harper. 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Editora Artmed, São Paulo.
- Brito, V.; F. Telles & K. Lunau. 2014. Ecologia cognitiva da polinização, pp. 527-540. Em: *Biologia da polinização* (A.R. Rech, K. Agostini, P.E. Oliveira e I.C. Machado, eds.). Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro.
- Brown, J.L. 2009. Foraging behavior, pp. 51-58. Em: *The Princeton guide to ecology* (S.A. Lewin, ed.). Princeton University Press, Princeton.
- Chang, W.; J. Cheng; J.J. Allaire; Y. Xie & J. McPherson. 2015. shiny: Web Application Framework for R. R package version 0.12.1. <https://CRAN.R-project.org/package=shiny>.
- Davies, N.B.; J.R. Krebs & S.A. West. 2012. *An introduction to behavioural ecology*. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Dugatkin, L.A. 2004. *Principles of animal behavior*. W.W. Norton & Company, New York.
- Hegland, S.J. & O. Totland. 2005. Relationships between species' floral traits and pollinator visitation in a temperate grassland. *Oecologia*, 145: 586-594.
- Kenoyer, L.A. 1917. Environmental influence on nectar secretion. *Botanical Gazette*, 63: 249-265.
- Kunin, W.E. 1997. Population size and density effects in pollination: pollinator foraging and plant reproductive success in experimental arrays of *Brassica kaber*. *Journal of Ecology*, 85: 225-234.
- Pontin, D.R.; M.R. Wade; P. Kerhli & S.D. Wratten. 2006. Attractiveness of single and multiple species flower patches to beneficial insects in agroecosystems. *Annals of Applied Biology*, 148: 39-47.
- Prado, P.; A. Chalom & A. Oliveira. 2016. Rsampling: Ports the Workflow of "Resampling Stats" Add-in to R. R package version 0.1.1.
- R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rech, A.R.; K. Agostini; P.E. Oliveira & I.C. Machado. 2014. *Biologia da polinização*. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro.
- Vicens, N. & J. Bosch. 2000. Weather-dependent pollinator activity in an apple orchard, with special reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). *Environmental Entomology*, 29: 413-420.

ANEXO

Tabela A1. Riqueza (S), composição, número total de flores (NF) e luminosidade para cada par de moitas (bloco) observadas. Para moitas multiespecíficas, é mostrado o número total de flores e entre parênteses, o número de flores de cada espécie da moita.

	S	Composição	NF*	Luminosidade
1	1	<i>Hyptis</i> sp. (Lamiaceae)	64	Baixa
2	1	<i>Pterolepis glomerata</i> (Melastomataceae)	18	Alta
3	1	<i>Wedelia paludosa</i> (Asteraceae)	49	Alta
4	1	<i>Wedelia paludosa</i> (Asteraceae)	52	Baixa
5	1	<i>Hyptis</i> sp. (Lamiaceae)	21	Alta
6	1	<i>Vernonia</i> sp. (Asteraceae)	26	Baixa
7	1	<i>Wedelia paludosa</i> (Asteraceae)	25	Alta
8	2	<i>Wedelia paludosa</i> (Asteraceae) e <i>Hedychium coronarium</i> (Zingiberaceae)	23 ⁽¹¹⁺¹²⁾	Alta
9	2	<i>Wedelia paludosa</i> (Asteraceae) e <i>Hyptis</i> sp. (Lamiaceae)	64 ⁽¹³⁺⁵¹⁾	Alta
10	2	<i>Wedelia paludosa</i> (Asteraceae) e <i>Vernonia</i> sp. (Asteraceae)	63 ⁽²⁴⁺³⁹⁾	Baixa
11	3	<i>Wedelia paludosa</i> (Asteraceae), <i>Pterolepis glomerata</i> (Melastomataceae) e <i>Hyptis</i> sp. (Lamiaceae)	53 ⁽²⁺⁹⁺⁴²⁾	Alta
12	3	<i>Wedelia paludosa</i> (Asteraceae), <i>Conyza</i> sp. (Asteraceae) e Solanaceae	85 ⁽⁹⁺³⁰⁺³⁶⁾	Baixa

* Antes do corte de flores.

Tabela A2. Número de visitas totais registradas em cada moita dos dois tratamentos no primeiro (Tempo 1) e segundo dia (Tempo 2).

Tratamen-			
Bloco	to	Tempo	Visitas
1	Controle	1	5
1	Redução	1	20
1	Controle	2	4
1	Redução	2	9
2	Redução	1	9
2	Controle	1	1
2	Controle	2	1
2	Redução	2	2
3	Redução	1	14
3	Controle	1	20
3	Controle	2	5
3	Redução	2	2
4	Controle	1	3
4	Redução	1	6

4	Redução	2	2
4	Controle	2	9
5	Controle	1	8
5	Redução	1	1
5	Controle	2	10
5	Redução	2	0
6	Controle	1	15
6	Redução	1	3
6	Redução	2	1
6	Controle	2	6
7	Controle	1	11
7	Redução	1	0
7	Controle	2	7
7	Redução	2	5
8	Redução	1	3
8	Controle	1	3
8	Redução	2	11
8	Controle	2	0
9	Redução	1	2
9	Controle	1	46
9	Controle	2	1
9	Redução	2	8
10	Controle	1	1
10	Redução	1	0
10	Controle	2	0
10	Redução	2	1
11	Controle	1	2
11	Redução	1	49
11	Redução	2	6
11	Controle	2	2
12	Redução	1	7
12	Controle	1	1
12	Redução	2	10
12	Controle	2	3
