

O efeito de borda favorece a interação entre formigas e mirmecófilas

Gabriela Burle Arcoverde

Introdução

Interações mutualísticas podem ser afetadas por perturbações antrópicas, como a formação de bordas florestais. Essas perturbações podem causar extinções de espécies e, conseqüentemente, de suas interações. (Girão *et al.* 2007, Silva *et al.* 2007). Entre os animais ameaçados por este processo, estão as formigas que apresentam redução de riqueza e abundância em habitats perturbados (Folgarait 1998). Perturbações como o efeito de borda podem modificar a composição das formigas da área, fazendo com que na borda restem as formigas generalistas que são menos agressivas. As formigas especialistas, por outro lado, são mais agressivas e devem defender mais o seu recurso. No entanto, essas formigas normalmente ficam mais restritas ao interior de áreas florestais (Lach *et al.* 2010).

Interações mutualistas entre plantas e formigas são extremamente comuns nos trópicos (Burslem *et al.* 2005). Em muitas dessas interações as plantas possuem estruturas, como as domácias, nectários extraflorais e tricomas glandulares, que possibilitam a interação com predadores ou

parasitóides de herbívoros. Essas estruturas oferecem abrigo ou alimento para artrópodes que, ao utilizarem estes recursos, podem consumir herbívoros e reduzir a herbivoria nas plantas hospedeiras (Schoonhoven *et al.* 2005). No entanto, devido as alterações que o efeito de borda causa nas assembléias de formigas, as plantas que possuem interações com elas também podem ser prejudicadas (Izzo 2005).

Algumas plantas mirmecófilas, possuem nectários extraflorais. Os nectários extraflorais são glândulas secretoras de néctar não relacionadas com a polinização, encontrados fora da flor (Elias & Gelband 1976). Essas glândulas ocorrem em diversas espécies de plantas presentes em muitos ecossistemas tropicais (Burslem *et al.* 2005). O néctar produzido por elas pode ser o principal recurso alimentar para formigas em algumas regiões. Devido a presença das formigas próximas aos nectários, as plantas podem se beneficiar do comportamento das formigas associadas, que envolve a captura ou expulsão de herbívoros que se aproximem. Contudo, por ser uma interação facultativa, o aumento da aptidão da planta

depende da assembléia de formigas associadas a ela (Rico-Gray & Oliveira 2007). Visto que o efeito de borda aumenta o número de generalistas na borda e essas, por serem menos agressivas, defendem menos o seu recurso, as mirmecófilas localizadas na borda seriam menos protegidas que as localizadas no interior.

Diante deste cenário, viso responder a pergunta sobre como o efeito de borda afeta a presença de formigas e proteção contra herbívoros em mirmecófilas com nectários extraflorais. Minha hipótese é que mirmecófilas com defesa indireta assegurada por nectários extraflorais localizadas em habitat não perturbado apresentarão mais formigas e serão melhor protegidas que em habitats perturbados. Assim, espero que em modelos artificiais de nectários dispostos nas plantas, a ocorrência de formigas e a ocorrência de ataque contra modelos de herbívoros nas plantas que estejam com formigas seja maior no interior que na borda florestal.

Métodos

Realizei o trabalho na ARIE do Km 41 (2°26' S - 59°46' O) pertencente ao Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF/INPA), localizada a 80 km ao norte de Manaus, Amazonas, Brasil.

A área é caracterizada como uma floresta tropical úmida de terra firme, que não sofre alagamentos sazonais (Pires & Prance 1985). A temperatura média anual é 26 °C e pluviosidade varia entre 1.900 a 2.300 mm (RADAMBRASIL 1978). A área de estudo é cortada por uma estrada que possui entre 10 e 20 m de largura responsável pela criação de uma borda florestal nas margens.

Como modelo de plantas com nectário, escolhi indivíduos pertencentes ao gênero *Inga* (Fabaceae). As espécies que constituem esse gênero possuem folhas pinadas com nectários extraflorais interfoliares. Os nectários presentes nos ramos mais novos secretam exudados ricos em açúcar que são coletados por formigas (Ribeiro *et al.* 1999).

Considerarei as margens da estrada como habitat sob efeito de borda e locais a mais de 100 m da estrada como habitat fora da influencia desse efeito. Utilizei 54 indivíduos de *Inga*, sendo 17 ao longo da estrada e 37 no interior da floresta. Adotei uma distância mínima de 10 m entre os indivíduos. Como os indivíduos localizados no interior não possuíam folhas jovens e os nectários ativos somente se encontram nessas folhas, criei modelos artificiais de nectários florais para atrair as formigas. Para manter o mesmo protocolo de coleta,

também simulei esses nectários nas plantas localizadas na borda.

Elaborei nectários artificiais ao usar uma bola de algodão com 0,5 cm de raio embebido em uma solução saturada de água e açúcar. Em cada planta, posicionei três nectários em um dos ramos apicais e após 2 h contabilizei os indivíduos com formigas. Para o experimento da eficiência de remoção de herbívoros pelas formigas, posicionei um modelo de herbívoro (cupim) na parte mediana da folha mais próxima ao nectário onde as formigas estavam. Observei o comportamento das formigas por 10 min após colocar o modelo para ver se elas o atacavam. Considerei como ataque o ato de morder ou remover o cupim. Avaliei se a presença de formiga e a frequência de ataque (variáveis resposta) diferiu entre a borda e o interior (variável explanatória) utilizando o teste qui-quadrado.

Resultado

Eu observei um total de ocupação por formigas em 15 (88%) plantas na borda e em 12 (32%) plantas no interior da floresta, o que mostra uma ocupação quase três vezes maior na borda ($\chi^2=15,97$; $gl=1$; $p<0,001$). Entre as plantas com formigas, houve 100% de ataque nas plantas da borda, enquanto que no interior o ataque ocorreu

em apenas 17% das plantas, mostrando que na borda houve seis vezes mais ataque que no interior ($\chi^2=19,85$; $gl=1$; $p<0,001$).

Discussão

Mirmecófilas foram mais ocupadas por formigas e foram mais eficientemente defendidas na borda florestal. Esse fato não corrobora a minha hipótese e indica que o efeito de borda pode favorecer a proteção das plantas. Resta entender como o efeito de borda pode ter favorecido este tipo de proteção.

Um dos resultados do efeito de borda é o aumento da herbivoria na borda, principalmente por herbívoros generalistas (Wirth *et al.* 2008). O aumento da herbivoria pode induzir respostas por parte das mirmecófilas que podem aumentar a produção de néctar e de nectários (Burslem *et al.* 2005). Além disso, o efeito de borda causa mudanças em algumas características ambientais, como um aumento na incidência luminosa (Kapos 1989). A luz é um fator limitante para a fotossíntese em áreas de floresta contínua (Lambers *et al.* 2008). Com o aumento de sua disponibilidade, as plantas mirmecófilas localizadas na borda podem aumentar suas taxas fotossintéticas e com isso aumentar a produção de néctar. Essa maior produção pode representar uma

fonte de recurso permanente para as formigas. Dessa forma, as formigas podem aumentar seu esforço de forrageamento direcionado para essas plantas, aumentando a frequência de sua presença nas plantas com nectários na área da borda.

Além dos fatores relacionados a biologia da planta, talvez o efeito de borda também modifique o comportamento das formigas. Embora ocorram mais formigas generalistas e oportunistas na borda, limitações na disponibilidade de recurso podem modificar seu comportamento (Lach *et al.* 2010). É possível que a disponibilidade de nitrogênio seja menor em áreas de borda, já que o nitrogênio é geralmente obtido em carcaças e excrementos de animais que também podem sofrer redução de suas populações em áreas de borda (Begon *et al.* 2006). Uma vez que formigas são organismos bastante flexíveis quanto ao seu padrão de forrageamento, elas podem aumentar sua taxa de captura de herbívoros para suprir essa deficiência (Gordon 1991).

Embora o efeito de borda seja prejudicial para vários grupos, é possível que alguns organismos sejam favorecidos com as mudanças proporcionadas por esse efeito (Wirth *et al.* 2008). As mirmecófitas, possivelmente, fazem parte deste grupo, pois apesar do aumento dos níveis de herbivoria

em áreas de borda, a presença constante da formigas pode garantir uma alta eficiência de defesa. Levando-se em consideração a grande taxa de fragmentação florestal no mundo, plantas mirmecófilas com nectar podem se tornar cada vez mais abundantes.

Agradecimentos

A todos que fizeram este curso possível. Ao coordenador Paulo Enrique (Rainbow master) por todos os seus ensinamentos, alegrias e chamadas de atenção que me fizeram crescer e me ajudaram muito neste período. Ao coordenador Paulinho por tudo. A Dani por toda sua ajuda, alegria, e quedas nas festas que as fizeram muito especiais. A Claudinha que também me ajudou muito e também por ser uma super mega orientadora legal, adorei ser sua primeira aluna! A todos os professores que vieram e contribuíram com a minha formação. As minhas amigas pernambucanas Kátia e Laura que vieram comigo e ajudaram com TUDO neste período e sempre! A Charlène (Alêny) por sua alegria, amizade e por ser uma pessoa tão especial. A Oferenda (Camila) por todas suas quedas, alegria, ajuda e por ser uma pessoa muito especial. Ao Thiago branco por ser uma pessoa tão legal e fofa. Ao Thiago preto por toda sua alegria e

felicidade que contagia. Ao Demétrius por sua companhia e alegria em tantos trabalhos não significativos! A Thallita pela companhia nos trabalhos e aperreios. Ao João por toda sua calma e balas rio Negro e Solimões. A Mônica por ser tão legal. A Gláucia por toda sua calma e simpatia. Ao Rodrigo, Pedro, André, Bruno B., encosto (Bruno C.), Sara, Fernanda e Ricardo por serem colegas de curso tão especiais e fazerem deste mês maravilhoso!! Também agradeço a D. Eduarda, Júnior e João por tudo.

Referências

- Begon, M., J.L. Harper & C.R. Townsend. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. Oxford: Blackwell Publishing.
- Burslem, D., M. Pinard & S. Hartley. 2005. Biotic interactions in the tropics their role in the maintenance of species diversity. Cambridge: Cambridge University Press.
- Elias, T.S. & H. Gelband. 1976. Morphology and anatomy of floral and extrafloral nectaries in *Campsis* (Bignoniaceae). *American Journal of Botany*, 63:1349–1353.
- Folgarait, P.J. 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation*, 7:1221-1244.
- Girão, L.C., A.V. Lopes, M. Tabarelli & E. Bruna. 2007. Changes in tree reproductive traits reduce functional diversity in a fragmented Atlantic Forest landscape. *PLoS ONE*, 9:1-12.
- Gordon, D.M. 1991. Behavioral flexibility and the foraging ecology of seed-eating ants. *The American Naturalist*, 138:379-411.
- Izzo, T.J. 2005. Recolonização de capoeiras com diferentes histórias de uso por plantas mirmecófitas e suas formigas associadas. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- Kapos, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology*, 5:173-185.
- Lach, L., C.L. Parr & K.L. Abbott. 2010. Ant ecology. Oxford: Oxford University Press.
- Lambers, H., F.S. Chapin III & T.L. Pons. 2008. Plant physiological ecology. New York: Springer.
- Pires, J.M. & G.T. Prance. 1985. The vegetation types of the Brazilian Amazon, pp. 109-145. In: Amazonia

- (G.T. Prance & T. Lovejoy, eds.). New York: Pergamon.
- RADAMBRASIL. 1978. Levantamento de recursos naturais. Ministério de Minas e Energia: Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro.
- Ribeiro, J.E.L. da S., M.J.G. Hopkins, A. Vicentini, C.A. Sothers, M.A. da S. Costa, J.M. de Brito, M.A.D. de Souza, L.H.P. Martins, L.G. Lohmann, P.A.C.L. Assunção, E. Da C. Pereira, C. F. da Silva, M.R. Mesquita & L.C. Procópio. 1999. Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus: INPA.
- Rico-Gray, V. & P.S. Oliveira. 2007. The ecology and evolution of ant-plant interaction. Chicago: The University of Chicago Press.
- Schoonhoven, L.M., J.J.A. van Loon & M. Dicke. 2005. Insect-plant biology. Oxford: Oxford University Press.
- Silva, P.S.D., I.R. Leal, R. Wirth & M. Tabarelli. 2007. Harvesting of *Protium heptaphyllum* Aublet (March.) seeds (Burseraceae) by the leaf-cutting ant *Atta sexdens* L. promotes seed aggregation and seedling mortality. *Revista Brasileira de Botânica*, 30:553-560.
- Wirth, R., S.T. Meyer, I.R. Leal & M. Tabarelli. 2008. Plant herbivore interactions at the forest edge. *Progress in Botany*, 69:423-448.