



# Para onde eu vou? *Cecropia pachystachya* (Urticaceae) direciona formigas mutualistas para folhas mais jovens

Thaís Azevedo, Erika Santana, Mariana Moutinho & Paula Lemos

**RESUMO:** Plantas possuem diferentes formas de defesa contra herbivoria, incluindo interações mutualísticas com formigas. O presente estudo teve como objetivo responder se *Cecropia pachystachya* investe em maior proteção em folhas jovens, por serem mais suscetíveis à herbivoria. Testamos se o investimento em proteção é maior nas folhas jovens de *C. pachystachya* e se a eficiência de defesa por formigas é maior nas folhas jovens. Para ambos os testes, simulamos um dano de herbivoria cortando um par de folhas (jovem e velha) de um mesmo indivíduo de *C. pachystachya*. Registramos quantas vezes as formigas detectaram o corte, o número de formigas recrutadas e a presença de triquílias ativas em cada folha. A detecção do corte, o número de recrutas e a presença de triquílias ativas foram maiores em folhas jovens. Concluímos que *C. pachystachya* investe mais na produção de triquílias em folhas jovens, o que implica em uma maior proteção contra herbivoria nessas folhas.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Azteca*, corpúsculos müllerianos, defesa biótica, interação formiga-planta

## INTRODUÇÃO

O mutualismo é uma interação entre organismos de diferentes espécies que resulta em benefício para ambos os envolvidos (Begon *et al.*, 2006). Nas interações mutualísticas entre plantas e formigas, as plantas podem fornecer abrigo e alimento para as formigas e as formigas protegem as plantas de herbívoros (Beattie & Hughes, 2002). Um exemplo de mutualismo entre plantas e formigas é a interação entre as formigas do gênero *Azteca* e algumas espécies de árvore do gênero *Cecropia* (Urticaceae) (Schultz & McGlynn, 2000). Assim como outras espécies pioneiras (Schupp, 1986; Medina, 2007), indivíduos de *Cecropia* têm crescimento rápido, com alta demanda por luz. Havendo uma alocação preferencial de recursos para o crescimento, há uma tendência à redução na produção de defesas físicas e químicas contra herbívoros (Agrawal & Dubin-Thaler, 1999).

*Cecropia pachystachya* possui estruturas especializadas denominadas triquílias localizadas na base do pecíolo foliar. Quando as triquílias estão ativas, liberam uma substância rica em glicogênio conhecida como corpúsculo mülleriano (Rickson, 1971), que é uma das principais fontes de alimento para as formigas que vivem associadas à planta (Schultz & McGlynn, 2000). A molécula de glicogênio é extremamente rara em plantas (Beattie & Hughes, 2002) e sua produção exige muito investimento

(Rickson, 1971). Sendo assim, o investimento em manter triquílias ativas nas folhas deve estar diretamente associado ao benefício de se investir em tecidos mais susceptíveis à herbivoria (Fonseca, 1994; Gianoli *et al.*, 2008).

A maior produção de glicogênio nas triquílias de folhas jovens deve ter a função de manter as formigas *Azteca* mais próximas das folhas novas, que devem ser o alvo preferencial do ataque de herbívoros. Estando frequentemente patrulhando as folhas mais jovens, espera-se que as formigas respondam mais rapidamente ao sinal químico que as folhas de *Cecropia* liberam ao serem danificadas por herbívoros (Agrawal, 1998; Schultz & McGlynn, 2000; Ausmus *et al.*, 2006). A resposta das formigas à herbivoria é considerada, dessa forma, uma defesa biótica induzida mediante dano foliar (Gianoli *et al.*, 2008).

Nesse contexto, uma questão a ser respondida é se indivíduos de *C. pachystachya* investem em maior proteção em folhas mais susceptíveis à herbivoria. As duas hipóteses que testamos são: 1) indivíduos de *C. pachystachya* investem mais em proteção nas folhas jovens do que em folhas velhas; 2) a eficiência de defesa contra a herbivoria proporcionada por formigas *Azteca* é maior em folhas mais jovens. Prevemos que folhas jovens terão triquílias ativas em maior frequência que folhas velhas. Com relação à segunda hipótese, prevemos que o número de

formigas que detectariam um dano foliar e o número de formigas presentes na folha de *C. pachystachya* após o corte será maior em folhas jovens.

## MATERIAL & MÉTODOS

### Coleta de dados

Realizamos o estudo na Estação Ecológica Juréia-Itatins (47°00'O; 24°30'S), localizada no município de Peruíbe, São Paulo. Escolhemos 12 indivíduos de *C. pachystachya* distribuídos na Trilha do Arpoador, na praia do Arpoador e na praia do Guarauzinho. Seleccionamos apenas os indivíduos que estivessem colonizados por formigas. Em cada indivíduo de *C. pachystachya*, consideramos a folha próxima à gema apical como jovem e a folha mais distante da gema apical como velha. Para verificar se as triquílias das folhas novas e velhas estavam ativas, pressionamos o pecíolo foliar contra o caule da planta. Consideramos como ativas as triquílias que, após a pressão, liberaram corpúsculos müllerianos. Antes disso, porém, cortamos um lobo de cada uma das folhas para simular a herbivoria e registramos o tempo que a primeira formiga demorou para chegar à região do corte. No caso de nenhuma formiga ter chegado ao corte em até 10 min, consideramos que as formigas não detectaram o corte na folha. Nos casos em que houve detecção do corte, esperamos 5 min e, após a primeira formiga chegar ao corte, contamos o número de formigas presentes na folha, tanto na parte superior quanto na parte inferior da folha.

### Análises estatísticas

Contamos o número de folhas novas e jovens com triquílias ativas, obtendo o número de triquílias ativas em cada grupo de folhas. Calculamos a diferença entre o total de triquílias ativas encontradas em folhas jovens e velhas. Geramos o cenário nulo, aleatorizando os dados obtidos entre os grupos de folhas e recalculando a diferença 10.000 vezes. Comparamos os valores de triquílias ativas para folhas jovens e velhas com os valores gerados pelo cenário nulo, estimando a probabilidade do valor encontrado em campo ter sido gerado ao acaso.

Para testar se houve diferença no número de detecções do corte entre os grupos de folhas jovens e velhas, somamos o total de detecções em cada grupo de folhas e calculamos a diferença entre as somas. Para testar a significância da diferença encontrada, geramos uma distribuição nula da estatística de interesse com 10.000 aleatorizações dos dados originais de detecção. Calculamos também o tempo médio que as formigas levaram até detectar o corte

e comparamos entre os dois grupos de folha.

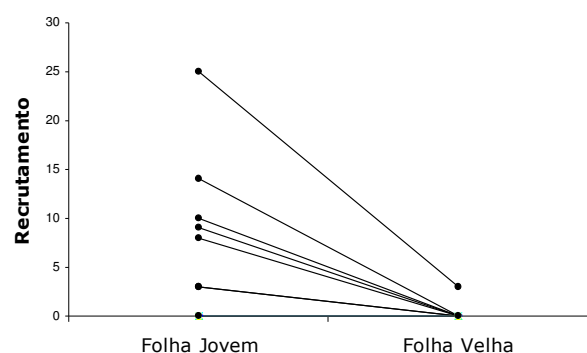
Para testar se houve diferença no número de formigas recrutadas em folhas jovens e velhas, calculamos a diferença entre o número de formigas recrutadas em cada par de folhas de cada indivíduo. Depois calculamos a média dessas diferenças. Simulamos então um cenário nulo, aleatorizando 10.000 vezes os dados de recrutamento e recalculando a média das diferenças. Comparamos nossos resultados aos valores gerados pelo cenário nulo, estimando a probabilidade do valor encontrado em campo ter sido gerado ao acaso.

## RESULTADOS

A frequência de triquílias ativas foi maior em folhas jovens do que em folhas velhas ( $p = 0,002$ ). Das 12 folhas jovens amostradas, 10 possuíam triquílias ativas, enquanto apenas uma das 12 folhas velhas possuía triquília ativa.

Das 12 folhas jovens amostradas, em nove delas houve detecção do corte. Por outro lado, somente em uma das 12 folhas velhas amostradas o corte foi detectado. Esses resultados apontam que as formigas detectam danos nas folhas jovens com maior frequência que nas folhas velhas ( $p < 0,001$ ).

O número de formigas recrutadas após a detecção foi maior nas folhas jovens em relação às folhas velhas ( $p = 0,009$ ). Em média, foram recrutados 5,7 mais formigas nas folhas jovens, quando comparadas às folhas velhas (Figura 1). O tempo de detecção do corte variou entre de 9 s e 9 min. Em média, as formigas demoraram 3 min e 39 s para detectar o corte nas folhas jovens. Em folhas velhas, houve detecção somente uma vez e o tempo de detecção neste caso foi de 2 min.



**Figura 1.** Número de formigas sobre folhas novas e velhas após a detecção de dano foliar em *Cecropia pachystachya*. Há sobreposição nos pares jovem e velha: 3-0 (uma vez) e 0-0 (quatro vezes).

## DISCUSSÃO

Nossos resultados indicam que a frequência de

triquílias ativas é maior em folhas novas, o que apóia a hipótese de que indivíduos de *C. pachystachya* investem em maior proteção em folhas mais suscetíveis à herbivoria. De fato, na maioria das folhas novas que danificamos experimentalmente, houve detecção do corte pelas formigas. Além disso, a simulação de herbivoria induziu um número maior de recrutas nas folhas jovens do que nas folhas velhas. Portanto, indivíduos de *C. pachystachya* podem direcionar a atenção das formigas para as folhas novas mantendo triquílias ativas no pecíolo dessas folhas e inativas no pecíolo de folhas velhas.

Além de triquílias inativas nas folhas velhas, é possível que a sinalização por compostos voláteis após um dano seja menos eficiente nas folhas velhas. Uma maior concentração de compostos voláteis sinalizadores reforçaria a proteção das folhas jovens. Além disso, formigas podem patrulhar preferencialmente folhas jovens, pois nelas a probabilidade de encontrar um herbívoro é maior (Fonseca, 1994). Herbívoros podem servir de presas e serem uma fonte adicional de recursos para as formigas (Corte, 2008).

Sugerimos que estudos sejam realizados com o intuito de caracterizar quais são os herbívoros de *C. pachystachya* e o tipo de dano foliar realizado por estes herbívoros. Aparentemente, larvas do herbívoro especialista *Coelomera* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) raspam o limbo foliar sem danificar os vasos, o que deve minimizar a emissão de compostos voláteis pela folha. Além disso, as agregações dessas larvas parecem ocorrer em folhas velhas (*obs. pess.*). A combinação dessas duas estratégias deve minimizar as chances de larvas serem detectadas e atacadas por formigas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos em nome do renomado grupo Popozudas do Crepúsculo ao professor Albino por ter tomado as picadas por nós, ao Dito pela ajuda essencial em campo, à Babi pela paciência e dicas profissionais e pessoais. Agradecemos especialmente ao Além por nos levar ao céu.

## REFERÊNCIAS

Agrawal, A.A. 1998. Leaf damage and associated cues induce aggressive ant recruitment in a Neotropical ant-plant. *Ecology*, 79:2100–2112.

Agrawal, A.A. & B.J. Dubin-Thaler. 1999. Induced responses to herbivory in the Neotropical ant-plant association between *Azteca* ants and *Cecropia* trees: response of ants to potential

inducing cues. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 45:47–54.

- Ausmus, B.S.; R.C. Fisher; C.R. Huxley; F.R. Rickson & J.M. Scriber. 2006. Resource Acquisition, pp. 53-93. Em: *Insect ecology: an ecosystem approach* (T. D. Schowalter, eds.). Elsevier, Londres.
- Beattie, A.J. & L. Hughes. 2002. Ant-plant interactions, pp. 211-235. Em: *Plant-animal interactions: an evolutionary approach* (C.M. Herrera & O. Pellmyr, eds.). Blackwell Publishing, Oxford.
- Begon, M.; C.R. Townsend & J.L. Harper. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, Victoria.
- Corte, G.N. 2008. Proteção contra herbivoria e respostas bióticas induzidas em *Cecropia pachystachya* (Urticaceae). Em: *Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica"* (G. Machado; A.A. Oliveira & P.I. Prado, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Fonseca, C.R. 1994. Herbivory and the long-lived leaves of an Amazonian ant-tree. *Journal of Ecology*, 82:833–842.
- Gianoli, E.; S. Sendoya; F. Vargas; P. Mejía; R. Jaffé; M. Rodríguez & A. Gutiérrez. 2008. Patterns of *Azteca* ants defence of *Cecropia* trees in a tropical rainforest: support for optimal defence theory. *Ecological Research*, 23:905-908.
- Medina, E. 2007. Tropical forests: diversity and function of dominant life-forms, pp. 313-350. Em: *functional plant ecology* (F.I. Pugnaire & F. Valladares, eds.). CRC Press, Florida.
- Rickson, F.R. 1971. Glycogen plastids in Müllerian body cells of *Cecropia peltata*, a higher green plant. *Science*, 173:344-347.
- Schultz, R. & T.P. McGlynn. 2000. The interactions of ants with other organisms, pp. 35-44. Em: *Ants – standart methods for measuring and monitoring biodiversity*. (E.O. Wilson, ed.). Smithsonian Institution Press, Washington.
- Shupp, E.W. 1986. *Azteca* protection of *Cecropia*: ant occupation benefits juvenile trees. *Oecologia*, 70:379-385.

**Orientação:** Bárbara Henning