



# ASSOCIAÇÃO ENTRE *HIBISCUS PERNAMBUCENSIS* (MALVACEAE) E FORMIGAS: O AMBIENTE AFETA A PROTEÇÃO PROPORCIONADA POR FORMIGAS CONTRA HERBIVORIA?

Janaina Rosa Cortinóz

## INTRODUÇÃO

Em associações mutualísticas entre plantas e formigas, as plantas possuem características atrativas para as formigas, como locais para nidificação ou complemento alimentar (lipídios, solução açucarada e/ou proteínas), enquanto as formigas podem deter ou matar herbívoros. A defesa da planta ocorre devido ao comportamento agressivo que formigas apresentam contra intrusos nas adjacências de seu ninho e próximo à fonte de alimento (Ricklefs 1996, Bronstein *et al.* 2006). Tais associações podem ser obrigatórias e especializadas, nas quais existe dependência mútua entre os envolvidos, ou facultativas e generalistas, quando um organismo pode viver sem o outro (Ricklefs 1996; Bronstein *et al.* 2006). Nas associações facultativas e generalistas, as plantas secretam pequenas quantidades de solução açucarada em nectários extraflorais (NEF), localizados em regiões vegetativas e reprodutivas da planta como folhas, botões florais e frutos, acessíveis às formigas (Bronstein *et al.* 2006). Nesses casos, muitas espécies de formigas podem estar associadas à planta em algum período de sua vida (Beattie 1985) e, embora essas formigas exibam baixa fidelidade à planta, podem protegê-la contra o ataque de herbívoros.

A planta *Hibiscus pernambucensis* Arruda (Malvaceae) tem NEFs na parte abaxial de suas folhas e apresenta associação facultativa e generalista com diversas espécies de formigas. *Hibiscus pernambucensis* é encontrada em áreas de manguezais, restinga e na transição entre mangue e restinga. Cogni *et al.* (2003) sugerem que a atividade e a distribuição vertical de formigas ao longo da planta estejam relacionadas à disponibilidade de sítios para a construção de seus ninhos. Em manguezais, as formigas estariam mais associadas à planta do que na restinga, visto que a inundação diária do solo impediria ou dificultaria a construção de ninhos no solo. Por outro lado, em áreas de restinga, as formigas construiriam os ninhos no solo e estariam presentes sobre a planta por um menor tempo (Cogni *et al.* 2003). Dessa

forma, os padrões de forrageio e a proteção por formigas em plantas com NEF seriam afetados de acordo com o ambiente onde a planta se encontra (Cogni *et al.* 2003).

Uma vez que em manguezais as formigas devem passar mais tempo sobre as plantas parte-se da hipótese de que no mangue haveria maior remoção de herbívoros por formigas em *H. pernambucensis*. Enquanto, indivíduos presentes em locais transicionais, nos quais a inundação pela maré seria rara ou ausente, e haveria mais sítios para a construção de ninhos, como na transição restinga-mangue e restinga-mata de encosta a remoção de herbívoros por formigas seria menor. O presente trabalho teve como objetivo testar se a remoção de herbívoros simulados por formigas em *H. pernambucensis* difere entre área de mangue, transição restinga-mangue e transição restinga-mata de encosta. Além disso, objetivou-se testar se o patrulhamento das formigas resulta em diferenças na herbivoria, relacionando a proporção de herbívoros simulados removidos ao índice de herbivoria nas três áreas na Ilha do Cardoso, estado de São Paulo. Ainda, visto que várias espécies de formigas podem utilizar os NEFs de *H. pernambucensis* (Cogni *et al.* 2003) um levantamento preliminar das espécies de formigas presentes nas três áreas foi realizado. O esperado é que em áreas de mangue a herbivoria seria menor como resultado de maior remoção de herbívoros, devido maior patrulhamento pelas formigas.

## MATERIAIS & MÉTODOS

### Área de estudo

O trabalho foi realizado no Parque Estadual da Ilha do Cardoso (25° 03'S, 47° 53'O), localizado no município de Cananéia, estado de São Paulo. A coleta de dados foi realizada em três regiões na porção norte da ilha: o mangue às margens do Rio Perequê, uma área de transição restinga-mangue e uma área de transição restinga-mata de encosta. A área de mangue sofre inundações diárias devido ao fluxo da maré e por isso deve ser um local com

escassez de sítios para a construção de ninhos de formigas no solo. Por outro lado, na área de transição restinga-mangue, sofre menos inundações e teria maior disponibilidade de sítios para construção de ninhos de formigas. Por fim, na transição restinga-mata de encosta, não há inundações, o que favorece a construção de ninhos, tanto no solo quanto nas plantas.

### Coleta de Dados

De forma assistemática, foram escolhidos 46 indivíduos adultos de *H. pernambucensis*: 15 no mangue, 16 na transição restinga-mata de encosta e 15 restinga-mangue. De cada planta escolhida, um ramo foi escolhido assistematicamente e em cada ramo, um cupim (Termitidae, coletados em galerias encontradas em árvores em mata de restinga), foi fixado com cola branca à base de água no pecíolo da folha mais apical, para simular a presença de herbívoros. A cada duas horas, cada ramo foi vistoriado e os cupins removidos foram repostos. As vistorias cessavam por volta das 18:00h, e eram retomadas no início da manhã (8:00h) do dia seguinte com a coleta dos dados da remoção referente ao período entre as 18:00h e 8:00h. Foram realizadas oito vistorias durante o experimento, em dois dias de coleta: três entre as 8:00h e 12:00h, três entre 12:00h-18:00h e duas referentes à noite.

Terminadas as vistorias, para identificar quais formigas forrageiam sobre *H. pernambucensis*, foram depositadas pequenas porções de sardinhas em conserva no ápice, na região central e na base dos 46 ramos utilizados no experimento. Após uma hora e meia, os ramos foram rapidamente cobertos com um saco plástico e coletados. Em laboratório, as formigas presentes em cada ramo foram separadas em morfos e as folhas foram utilizadas para determinar o Índice de Herbivoria (IH) (Dirzo & Domingues 1995). Este índice utiliza classes de proporções de área foliar consumida (Classes 0 = 0-6%, 1 = 7-12%, 2 = 13-25%, 4 = 26-50% e 5 = 51-100%), usadas no cálculo:

$$IH = \sum \frac{(n_i \cdot i)}{N}$$

onde:

$n_i$  = número de folhas em cada classe;  $i$  = valor da classe de herbivoria;  $N$  = total de folhas amostradas no indivíduo.

### Análise de dados

Para testar se a localização de *H. pernambucensis* nas três áreas (mangue, transição restinga-mata de encosta e transição restinga-mangue), interfere na proporção de remoção de cupins por formigas foram feitas 1000 aleatorizações utilizando o programa Resampling Stats. As proporções de remoção de cupim foram calculadas pela razão entre o número de cupins fixados e o número de removidos em cada área. Cada evento de remoção em cada área foi permutado entre as áreas dentro dos seus respectivos períodos de inspeção do experimento, de modo a fixar eventuais diferenças entre plantas e horários. A diferença entre o valor máximo e mínimo da proporção de remoção entre as áreas foi calculada após cada aleatorização. Esta aleatorização simula o cenário nulo em que a proporção de remoção de cupins por formigas seria igual, independente da área onde *H. pernambucensis* se encontra.

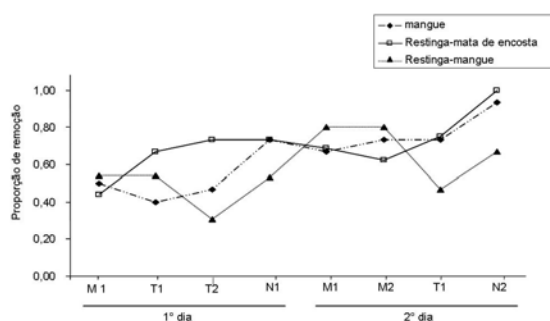
Para comparar os valores de IH de *H. pernambucensis* amostrados nas três áreas, foi utilizado o teste de ANOVA, considerando as áreas de coleta de dados como as variáveis preditoras e o índice de herbivoria como a variável dependente. O teste *a posteriori* de Tukey foi realizado para identificar quais diferenças par a par entre as áreas eram significantes.

## RESULTADOS

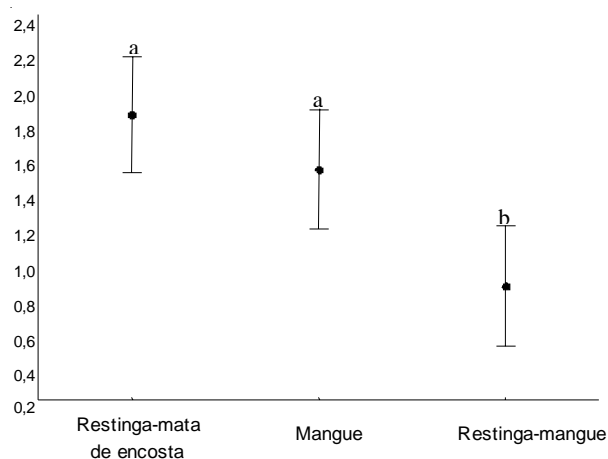
Não houve um padrão claro de diferenças de remoção de cupins por formigas entre as três áreas, ao longo dos horários de vistoria (Figura 1). A proporção média de remoção de cupins por formigas dos ramos de *H. pernambucensis* na região de mangue foi de 0,647, na transição restinga-mata de encosta foi de 0,702 e na transição restinga-mangue foi de 0,568. Dessa maneira, a diferença (D) entre a maior proporção (restinga-mata de encosta) e a menor proporção (restinga-mangue) foi de 0,134. A probabilidade de a diferença encontrada ser aleatória é de 37,1%, pois 371 das 1000 aleatorizações apresentaram a diferença entre as proporções médias de remoção maiores ou iguais à diferença absoluta ( $p = 0,371$ ).

No entanto, quanto ao índice de herbivoria as três áreas apresentaram diferenças ( $F_{2,43} = 208,6$ ; g.l. = 2;  $p < 0,001$ ; Figura 2). Na transição restinga-mangue, o índice de herbivoria foi menor que nas duas outras áreas, apresentando aproximadamente metade do encontrado na transição restinga-mata de encosta ( $Q = 0,85$ ;  $p < 0,001$ ) e no mangue ( $Q = 1,83$ ;  $p < 0,05$ ). Entretanto, o índice de herbivoria

da área de mangue e de transição restinga-mata de encosta não diferiu ( $Q = 1,51$ ;  $p = 0,384$ ).



**Figura 1.** Proporção de cupins removidos dos ramos de *H. pernambucensis* ao longo de dois dias em área de mangue ( $n = 15$ ), transição restinga-mata de encosta ( $n = 16$ ) e transição restinga-mangue ( $n = 15$ ), na Ilha do Cardoso, Estado de São Paulo. M1= primeira coleta realizada de manhã, M2 = segunda coleta realizada de manhã, T1 = primeira coleta realizada a tarde, T2= segunda coleta realizada a tarde, N1= coleta referente à remoção de cupins durante a primeira noite, N2 = coleta referente a remoção de cupins durante a segunda noite.



**Figura 2.** Índice de herbivoria em *Hibiscus pernambucensis* na transição restinga-mata de encosta, no mangue e na transição restinga-mangue na Ilha do Cardoso, Estado de São Paulo. Barras verticais = desvio padrão, pontos pretos = média, a = diferenças não significativas, b = diferenças significativas.

No levantamento preliminar de formigas em *H. pernambucensis* foram encontradas 11 morfo-espécies. Na área de mangue foram encontradas formigas em todos os ramos coletados ( $n=15$ ), totalizando cinco morfo-espécies, uma das quais foi encontrada apenas nessa área. Na transição restinga-mata de encosta dois dos 16 ramos coletados, não apresentaram formigas, mas foram encontradas 10 morfo-espécies, sendo quatro encontradas somente nesse habitat. Na transição restinga-mangue, 12 dos 15 ramos possuíam formigas, e cinco morfo-espécies foram encontradas (Anexo 1).

## DISCUSSÃO

A remoção de cupins dos ramos de *H. pernambucensis* por formigas nas três áreas foi similar, indicando que não há relação entre o ambiente onde a planta se encontra e a remoção de herbívoros. A similaridade encontrada poderia ser reflexo da ocorrência da inundação eventual na transição restinga-mangue, o que restringiria o número de sítios para ninhos, embora no mangue a frequência de inundação seja maior. Entretanto, como na transição restinga-mata de encosta há disponibilidade para a construção de ninhos, e a remoção de cupins não foi menor que nas outras duas áreas, não foi corroborada a hipótese de que regiões com menor disponibilidade de sítios para construção de ninhos de formigas apresentariam maior remoção de herbívoros.

Segundo Bronstein *et al.* (2006) a riqueza, abundância e agressividade das formigas que podem defender as plantas de seus inimigos naturais podem influenciar a taxa de remoção de herbívoros. Assim, uma vez recrutamento, agressividade e período de atividade pode variar entre espécies de formigas, o padrão de remoção de cupins poderia estar relacionado não apenas à abundância, mas também à riqueza de espécies de formigas presentes nas três áreas. Dessa forma, embora no mangue as formigas possam estar sobre a planta com maior frequência e por isso talvez ofereçam patrulhamento mais freqüente, as espécies devem ser fazer seus ninhos sobre a planta, o que restringiria o número de espécies visitantes dos NEFs. Em contrapartida na transição restinga-mata de encosta e restinga-mangue, embora as formigas não permaneçam sobre a planta todo o tempo, espécies que fazem ninhos sobre as plantas ou no solo podem visitar os NEFs, o que resultaria em uma remoção dos herbívoros tão eficiente quanto a do mangue. Na amostragem preliminar das espécies de formigas visitantes de *H.pernambucensis* (Anexo 1), algumas espécies foram mais freqüentes em algumas áreas do que em outras. Portanto, mais coletas das formigas nos NEFs em horários distintos e comparação da agressividade de cada espécie, poderia esclarecer melhor a remoção de herbívoros nas três áreas.

Uma vez que a remoção de cupins por formigas em *H. pernambucensis* nas três áreas foi semelhante, seria esperado que a herbivoria nas três áreas também não diferisse. No entanto, o ambiente de transição restinga-mangue apresentou

menor índice de herbivoria, seguido por mangue e transição restinga-mata de encosta, que não diferiram entre si. Ao menos dois fatores podem explicar esse padrão. O primeiro é que no presente trabalho não foi contabilizado o tempo decorrido entre a fixação do cupim e a remoção do mesmo pelas formigas. Visto que o dano causado por um herbívoro na área foliar deve aumentar de acordo com o tempo de permanência sobre a planta, quanto menor o tempo de reação das formigas menor a área foliar consumida e quanto maior o tempo de reação maior o dano. Assim, as diferenças quanto à herbivoria poderiam variar dependendo do tempo de reação. Uma vez que na transição restinga-mangue *H. pernambucensis* apresenta menor porte que nas outras duas áreas, é possível que o patrulhamento nessa área por formigas seja mais eficiente e por isso o tempo de reação seja menor, o que resultaria em uma rápida remoção dos herbívoros.

A segunda explicação para o padrão de herbivoria encontrado, é a hipótese de disponibilidade de recursos (Coley *et al.* 1985), que prevê que plantas em ambientes mais ricos em recursos investiriam mais em crescimento, pois a produção de folhas novas é de baixo custo, enquanto plantas em ambientes pobres investiriam mais em defesas químicas ou físicas, devido ao maior custo de produção de folhas novas. De fato na transição restinga-mangue o solo tem textura arenosa, é seco e pouco fértil (Souza & Capellari 2004) e apresenta menor capacidade de absorção e de manutenção de nutrientes (Brady 1989). Por sua, a transição restinga-mata de encosta e no mangue, são ambientes ricos em nutrientes devido à deposição de serrapilheira e matéria orgânica, e nesses locais a herbivoria seria tolerada.

Dessa forma, conclui-se que a apenas remoção de herbívoros por formigas em *H. pernambucensis* não explica um menor ou maior ataque por herbívoros no sistema estudado, uma vez que a herbivoria pode ser influenciada pelo tempo de reação da formiga após a chegada do herbívoro, pela agressividade da espécie de formiga residente ou visitante e a disponibilidade de nutrientes no solo. Ainda, a intensidade de remoção pode estar relacionada à quantidade de indivíduos e ao comportamento das espécies de formigas que são visitantes dos NEFs de *H. pernambucensis*. Estudos que identifiquem as espécies de formigas nas três áreas e que meçam o tempo de reação e comportamento dessas espécies poderão elucidar qual a eficiência do patrulhamento por formigas sobre a herbivoria em *H. pernambucensis* em cada ambiente.

## AGRADECIMENTOS

Aos coordenadores do curso de campo Ecologia da Mata Atlântica, aos monitores Camila e Billy pela companhia e contrabando ao longo de todo esse mês, a todos os professores que passaram pela Ilha e deixaram um pouco de cada um com a gente, ao Glauco que é um rapaz muito perspicaz e curioso (no sentido de despertar curiosidade), ao Paulo Inácio (que tem **muita** paciência) pela tentativa de me fazer compreender os mistérios da estatística, à super Paula pela paciência e tentativa de me fazer compreender os mistérios da estatística, às meninas de casa, aos queridos amigos de antes e depois do curso que não me ajudaram em nada na realização do projeto (exceto Bob e Paulo Ricardo pela ajuda logística e o Pete pelas fotografias), mas que são descolados, roots, portadores de uma bizarrice sem igual e que me proporcionaram momentos incríveis, à areia de sufflair que é terapêutica e medicinal e principalmente agradeço aos simpáticos cupins kamikases que foram fundamentais para a execução desse projeto oferecendo a própria vida em prol da ciência, enquanto eu dei apenas o meu sangue.

## REFERÊNCIAS

- Beattie A J. 1985. *The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Brady N.C. 1989. *Natureza e propriedades dos solos*. Freitas Bastos Rio de Janeiro,.
- Bronstein J. L., Alarcón R. & Geber M. 2006. The evolution of plant–insect mutualisms. *New Phytologist* 172: 412–428.
- Carter R. W. G. 1993. *Coastal environments*. Academic Press Limited, San Diego.
- Cogni R., Freitas A. V. L., Oliveira P. S. 2003. Interhabitat differences in ant activity on plant foliage: ant at extrafloral nectaries of *Hibiscus pernambucensis* in sandy and mangrove forests. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 107: 125-131.
- Coley P.D., Bryant J.P. & Chapin F.S. 1985. Resource availability and plant anti-herbivore defense. *Science* 230: 895-899.
- Dirzo R. & Domínguez C.A. 1995. Plant-herbivore interactions in mesoamerican tropical dry forest. In: *Seasonally dry tropical forest*. (Bullock S.H.,

Mooney A. & Medina E. eds). Cambridge University Press, Cambridge. pp. 305-25.

Ricklefs R.E. 1996. *A economia da natureza*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

Souza V.C & Capellari Jr. L. 2004. A vegetação das dunas e restingas da estação ecológica Juréia-Itatins, pp 103-114. Em: *Estação ecológica Juréia-Itatins* (Marques O.A.V. & Duleba W. eds). Holos Editora, Ribeirão Preto.