DESVENDANDO AS INTERAÇÕES MIRMECÓFILAS DO MACIÇO DO BATURITÉ: PLANTAS, HEMÍPTEROS E SUAS FORMIGAS MUTUALISTAS

Letícia Franco De Almeida Costa[1]
João Lucas Vitório Ribeiro Carvalho[2]
Layza Celina De Almeida Monteiro[3]
Roberth Fagundes De Souza[4]

RESUMO

As formigas são um modelo clássico para estudar interações ecológicas complexas, como mutualismos. Em algumas dessas interações, plantas com nectários extraflorais (NEFs) e hemípteros sugadores de seiva fornecem recursos alimentares açucarados para formigas, que em troca as defendem de potenciais herbívoros. Essa relação é comum, mas pouco conhecida para o nordeste do Brasil e quase desconhecida para o Ceará. Neste estudo, investigamos pela primeira vez as interações entre formigas que utilizam NEFs e melada de hemípteros em dois diferentes ecossistemas localizados na região do Maciço do Baturité, no Ceará. Foram registradas 1520 formigas de 30 espécies interagindo com 104 arbustos de 12 espécies de plantas com nectários extraflorais e 40 agregações de 15 espécies de hemípteros. *Camponotus arboreus* e *Camponotus crassus* foram as formigas mais interativas nos dois ecossistemas e intensamente em quase todas as espécies de plantas e hemípteros. Os mirmecófilos mais abundantes e interativos foram a planta *Senna georgica* e o hemíptero *Aphis craccivora*. As plantas realizaram mais interações, recrutaram mais formigas e foram mais abundantes que hemípteros. A quantidade de mirmecófilos diferiu entre a parte baixa e parte alta do Maciço, mas a composição das espécies de formigas, plantas e hemípteros foi semelhante entre os dois ecossistemas, que foram ligados pelo mesmo núcleo de espécies centrais: *Camponotus arboreus* e *C. crassus*. Este estudo apresenta 80 novas interações para a literatura, todas novas ocorrências para o Ceará e reforça o papel de *Camponotus*, principalmente *C. crassus*, como grupo chave para a evolução da mirmecofilia no Brasil.

Palavras-chave: mutualismo Caatinga Floresta Atlântica .

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Discente, leticia.franco@ufpe.br[1]
Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Micologia, Discente, joao.carvalho@ufpe.br[2]
Escola de Ensino Médio em Tempo Integral Maria do Carmo Bezerra, Acarape, Discente, layzamonteiro9@gmail.com[3]
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Docente, roberthfagundes@unilab.edu.br[4]

ISSN: 2447-6161

INTRODUÇÃO

O mutualismo é uma importante interação ecológica na qual espécies diferentes podem se associar e ambas são beneficiadas (Boucher et al., 1982). As formigas são insetos abundantes nos habitats terrestres, ocupam papéis ecológicos chave nos ecossistemas (Hölldobler e Wilson, 1990) e realizam uma grande diversidade de interações mutualísticas com animais e plantas, chamados mirmecófilos (Rico-Gray e Oliveira, 2007; Del-Claro et al., 2016). Os mirmecófilos mais comuns são as plantas portadoras de nectários extraflorais (Del-Claro, 2004) e os hemípteros sugadores de seiva e secretores de exsudato açucarado (Delabie, 2001), que fornecem alimento em forma de néctar ou melada para as formigas em troca de proteção contra inimigos naturais em um mutualismo chamado de trofobiose (Janzen, 1966; Rico Gray e Oliveira, 2007). Interações entre formigas, plantas e hemípteros têm sido amplamente documentadas no Brasil para o Cerrado e Floresta Tropical (Del-Claro, 2004; Rico-Gray e Oliveira, 2007), entretanto, ainda faltam informações para outros ecossistemas brasileiros, como a Caatinga nordestina. O Maciço do Baturité, no Estado do Ceará, é um ambiente geograficamente isolado que apresenta sertões semiáridos de Caatinga e fragmentos de Floresta Atlântica ainda pouco conhecidos quanto a sua diversidade de interações. Portanto, desvendar essas interações é fundamental para compreender a diversidade de interações mirmecófilas do Brasil em sua totalidade.

Atualmente, mutualismos entre animais e plantas têm sido melhor entendidos sob a perspectiva da teoria de redes (Bascompte e Jordano, 2007). A teoria de redes provê ferramentas que permitem a compreensão e a descrição dessas relações a nível de comunidade, e não apenas de maneira isolada entre duas ou poucas espécies (Bascompte e Jordano, 2007; Guimarães et al., 2011). Redes mutualísticas podem apresentar um núcleo formado por espécies mais importantes, que alcançam altos níveis de interatividade (Bascompte et al., 2003), influenciando a estrutura e dinâmica da rede e da comunidade (Dáttilo et al., 2013). Essas espécies núcleo são ecologicamente dominantes e possuem altas taxas de recrutamento e forte territorialidade (Dáttilo et al., 2014; Fagundes et al., 2006).

Apesar de serem considerados equivalentes ecológicos na criação de mutualismos com formigas (Delabie, 2001; Del-Claro, 2004; Rico-Gray e Oliveira, 2007) interações formiga-planta e formiga-hemíptero têm sido pouco estudados em uma mesma área. Em uma comunidade, essas interações formam redes complexas (Del-Claro et al., 2016), as quais, normalmente, exibem um padrão altamente aninhado (Bascompte e Jordano, 2007; Guimarães et al., 2007; Chamberlain et al., 2010; Dáttilo et al., 2013; Staab et al., 2014). O estudo dessas interações nos diferentes ecossistemas brasileiros é imperativo para um maior entendimento sobre a diversidade de interações mirmecófilas no Brasil. Nesse sentido, o presente estudo teve por objetivo descrever as interações entre formigas e plantas e hemípteros do Maciço de Baturité.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado entre dezembro de 2018 e junho de 2019 em seis diferentes pontos dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) no Maciço do Baturité, na porção norte do Estado do Ceará, que abrange um total de 32.690 hectares. O Maciço de Baturité é uma formação geológica onde as altitudes mais elevadas abrigam “brejos de altitude”, nos quais se desenvolve uma mata úmida (Figueiredo et al., 1995). Os setores cobertos por Caatinga encontram-se geralmente nas altitudes mais baixas e possuem diferentes formações vegetacionais (Oliveira e Araújo, 2007). As seis áreas amostradas localizam-se em altitudes que variam de 88 a 1115 m em municípios que compõem parte da APA da Serra de Baturité. O levantamento foi realizado em três áreas localizadas na parte mais baixa da região inseridas no domínio Caatinga, denominadas aqui de

ISSN: 2447-6161

"baixo-maciço", e três áreas situadas nos setores mais altos, onde o ecossistema predominante é a Mata Atlântica referidas aqui como "alto-maciço". Os registros das interações mirmecófilas foram feitos durante a estação chuvosa, quando a floração e a rebrota aumentam a atividade dos NEFs e, consequentemente, as interações com formigas (Lange et al., 2013). A amostragem das interações foi feita de forma semelhante a Fagundes et al., (2016), caminhando por 5 horas consecutivas no período de 10:00 a 15:00h em uma área de 100m², realizando observação direta. Em cada um dos seis pontos amostrados, nós inspecionamos e contabilizamos todos as interações entre formigas e mirmecófilos. Nós classificamos o tipo de interação de acordo com o tipo de mirmecófilo que interagia com formigas: plantas portadoras de NEFs e hemípteros produtores de melada, e a interação foi denominada "formiga-planta" ou "formiga-hemíptero", respectivamente. O evento de interação foi registrado apenas quando a formiga foi observada consumindo a fonte de alimento. Para a identificação das formigas foi usada a chave de Baccaro et al., (2015). Os espécimes-testemunho foram depositados na Coleção Zoológica da UNILAB. Os hemípteros foram identificados por consulta à especialistas. Algumas plantas portando NEFs foram identificadas ainda em campo e as demais foram identificadas com auxílio de especialistas e de chaves de identificação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total, 1520 formigas de 30 espécies realizaram 80 interações com as 27 espécies de mirmecófilos, sendo 12 plantas com NEFs e 15 hemípteros produtores de exsudatos. Ao todo, encontramos 104 arbustos portando NEFs. As plantas mais comuns foram *Senna georgica* e *Cynophalla hastata* a mais abundante foi *S. georgica* e as mais interativas foram *S. georgica*, Senna obtusifolia e C. hastata. Também observamos 40 agregações de hemípteros. O hemíptero mais comum, a espécie *Aphis* craccivora (Hemiptera: Aphididae) foi também o mais abundante e interativo, junto com *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). As formigas mais comuns foram *Camponotus crassus*, *Camponotus arboreus* e *Pseudomyrmex gracillis*. As mais abundantes foram *Solenopsis* sp., *C. arboreus* e *C. crassus*. Apenas *C. crassus* e *C. arboreus* foram as mais interativas e compuseram o núcleo da rede. O padrão da rede de interação foi aninhado (ANINHADO: NODF= 31,01, NODFnul= 16,01, $p < 0,001$), seguindo o padrão amplamente citado para interações com plantas (Guimarães et al., 2006; Vásquez et al., 2009; Dáttilo et al., 2013; Fagundes et al., 2016; Dáttilo et al., 2016; Costa et al., 2016) porém menos frequente com hemípteros (Staab et al., 2014).

Em relação aos mirmecófilos, plantas com NEFs foram mais abundantes do que agregações de hemípteros (ANOVA: $F = 6,8$, $p = 0,04$), mas a quantidade de espécies não diferiu entre eles (ANOVA: $F = 1,8$, $p = 0,3$). As plantas interagiram com mais espécies de formigas (ANOVA: $F = 32,5$, $p = 0.002$), recrutaram mais forrageiras (ANOVA: $F = 4,7$, $p = 0,08$) e realizaram mais interações (ANOVA: $F = 9,7$, $p = 0,03$) do que os hemípteros. Apesar disso, as espécies de formigas que interagem com os hemípteros são as mesmas espécies que interagem com plantas (MANOVA: $F = 1,3$, $p = 0,06$). Esse resultado foi semelhante ao encontrado por Campos e Camacho (2014) na Amazônia brasileira. Em outras palavras, no Maciço do Baturité, as mesmas espécies de formigas que interagem com hemípteros também interagem com plantas, o que sugere a habilidade dessas formigas em explorar ambos os recursos. No entanto, as formigas compartilharam entre si mais plantas do que hemípteros. Uma das explicações possíveis para essa maior coexistência em plantas é o fato de que plantas com NEFs podem ter sido um recurso muito disponível e igualmente vantajoso para as formigas, reduzindo a sua monopolização (Fagundes et al., 2016).

A quantidade de mirmecófilos diferiu entre o alto e baixo (ANOVA= $F: 4,9$, $p = 0,05$), mas não a quantidade de espécies (ANOVA: $F= 0,6$, $p = 0,5$). O baixo-maciço apresentou mais plantas e o alto apresentou mais hemípteros. A composição de espécies de formigas, plantas (MANOVA: $F = 4,2$, $p = 0,1$) e hemípteros

ISSN: 2447-6161

(MANOVA: F = 2,1; p = 0,1) foi semelhante entre os dois ambientes. A quantidade de forrageiras (ANOVA: F = 0,3; p = 0,6) e de espécies formigas (MANOVA: F = 1,9; p = 0,2) interagindo com mirmecófilos não diferiu entre as regiões do Maciço. No baixo-maciço, *C. arboreus* e *C. crassus* foram mais interativas na rede formiga-planta, enquanto apenas C. arboreus foi na rede formiga-hemíptero. Por outro lado, no alto-maciço, C. arboreus e C. crassus interagiram mais na rede formiga-hemíptero, enquanto apenas C. crassus foi a mais interativa com plantas. Na média dos locais, as redes de interações entre formigas e mirmecófilos do baixo e alto-maciço apresentaram diferença na quantidade de interações (ANOVA: F = 7,7, p = 0,02) e compartilhamento de parceiros (ANOVA: F = 10,5, p = 0,04). A rede planta-formiga no baixo-maciço foi mais coesa e uniforme, mas com menor compartilhamento de interações do que no alto-maciço.

Nossos resultados mostram claramente que o tipo de ambiente afeta a forma como formigas e mirmecófilos interagem, mas não a composição das espécies em interação. No baixo-maciço, as interações da rede formiga-planta foram mais uniformes (com frequência semelhante) e mais abundantes, porém menos compartilhadas. Em ambientes mais áridos, como a região baixa do maciço, os nectários extraflorais são recursos mais limitados e mais valiosos devido à baixa disponibilidade de açúcar e água (Holland et al., 2010), o que pode ter levado a uma maior competição e menor compartilhamento (Blüthgen e Fiedler, 2004; Fagundes et al., 2012; Lange et al., 2013; Fagundes et al., 2016) de plantas com NEFs nessa região. Em contrapartida, interações com plantas no alto-maciço foram menos abundantes e menos uniformes, porém mais compartilhadas, com todas as espécies de formigas compartilhando arbustos. Em razão da maior disponibilidade de plantas com NEFs ao longo do ano nas florestas úmidas do alto-maciço, os NEFs foram um recurso menos disputados nesse ambiente.

As duas áreas foram ligadas pelas mesmas duas espécies de formigas altamente interativas que compuseram o núcleo generalista das redes: *Camponotus arboreus* e *C. crassus*. Esse resultado concorda com estudos anteriores que demonstraram que, em um mesmo ecossistema, o núcleo de espécies de formigas generalistas pode ser estável e consistente no espaço, independente da paisagem local e dos fatores ambientais (Lange et al., 2013; Dáttilo et al., 2013). Nesse estudo, nós acrescentamos que dois ecossistemas com diferentes paisagens e fatores ambientais, mas ligados entre si em uma mesma região geográfica podem compartilhar o mesmo núcleo de espécies generalistas. Essas duas formigas recrutaram mais forrageiras e interagiram com plantas e hemípteros mais frequentemente que todas as outras espécies. No entanto, *C. arboreus* foi mais dominante no baixo-maciço enquanto *C. crassus* foi dominante no alto, o que sugere que a habilidade dessas duas espécies em competir entre si por interações pode variar de acordo com o ambiente.

CONCLUSÕES

Esse estudo é o primeiro a investigar formigas, plantas com NEFs e hemípteros trofobiontes interagindo no Maciço do Baturité e o primeiro sobre interações mirmecófilas no Ceará, descrevendo 80 interações, todas com novo registro para o Ceará e algumas para o Nordeste. A rede total formiga-planta-hemíptero seguiu o padrão esperado para mutualismos e, quando analisada em detalhes, as redes de interações com mirmecófilos e entre os ambientes revelaram variações em termos de frequência de interações, uniformidade, compartilhamento de recursos e quantidade de plantas ou hemípteros. Nesse sentido, as variações observadas nas interações do Maciço são explicadas, sobretudo, pelo tipo de mirmecófilo e pelo ecossistema. Nós fornecemos evidências empíricas de que ecossistemas adjacentes podem conter as mesmas espécies de formigas, apesar das alterações ambientais, mas interagindo com mirmecófilos de forma diferente indicando regulação ambiental a nível de interação. É provável que as diferenças sejam ainda maiores a depender do ambiente onde elas ocorrem. Por isso, nós esperamos que novos estudos possam

ISSN: 2447-6161

avaliar mais regiões dentro do Maciço, de modo a contemplar um número maior de localidades e ecossistemas. Também é importante investigar o comportamento das formigas mais interativas, *C. arboreus* e *C. crassus*, para entender quais características influenciam na variação da hierarquia de dominância entre essas duas espécies entre os mirmecófilos e entre os ecossistemas. Esse estudo contribui com a revelação das interações mirmecófilas, sua estrutura e variação espacial, de forma a aumentar o conhecimento sobre a biodiversidade do Maciço de Baturité.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Pibic/Unilab pelo apoio financeiro deste trabalho, ao CNPq pelo financiamento da bolsa de Iniciação Científica Júnior e a Escola de Ensino Médio em Tempo Integral Maria do Carmo Bezerra pelo suporte na divulgação científica.

REFERÊNCIAS

BACCARO, Fabricio B. et al. Guia para os gêneros de formigas do Brasil. Manaus: Editora INPA, v. 388, 2015.
BASCOMPTE, Jordi et al. The nested assembly of plant–animal mutualistic networks. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 100, n. 16, p. 9383-9387, 2003.
BOUCHER, Douglas H.; JAMES, Sam; KEELER, Kathleen H. The ecology of mutualism. Annual Review of Ecology and Systematics, v. 13, n. 1, p. 315-347, 1982.
BLÜTHGEN, NICO; GOTTSBERGER, Gerhard; FIEDLER, Konrad. Sugar and amino acid composition of ant-attended nectar and honeydew sources from an Australian rainforest. Austral Ecology, v. 29, n. 4, p. 418-429, 2004.
COSTA, Fernanda V. et al. Few ant species play a central role linking different plant resources in a network in rupestrian grasslands. PloS one, v. 11, n. 12, p. e0167161, 2016.
DÁTTILO, Wesley; GUIMARAES JR, Paulo R.; IZZO, Thiago J. Spatial structure of ant–plant mutualistic networks. Oikos, v. 122, n. 11, p. 1643-1648, 2013.
Dáttilo, W.; Díaz-Castelazo, C.; Rico-Gray, V. Ant dominance hierarchy determines the nested pattern in ant–plant networks. Biol J Linn Soc 113:405–414. 2014a. doi:10.1111/bij.12350
DA SILVA, José Maria Cardoso; LEAL, Inara R.; TABARELLI, Marcelo (Ed.). Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America. Springer, 2018.
DELABIE, Jacques HC. Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. Neotropical Entomology, v. 30, n. 4, p. 501-516, 2001.
DEL-CLARO, Kleber. Multitrophic relationships, conditional mutualisms, and the study of interaction biodiversity in tropical savannas. Neotropical Entomology, v. 33, n. 6, p. 665-672, 2004.
DEL-CLARO, Kleber et al. Loss and gains in ant–plant interactions mediated by extrafloral nectar: fidelity, cheats, and lies. Insectes Sociaux, v. 63, n. 2, p. 207-221, 2016.
FAGUNDES, Roberth et al. Food source availability and interspecific dominance as structural mechanisms of ant-plant-hemipteran multitrophic networks. Arthropod-Plant Interactions, v. 10, n. 3, p. 207-220, 2016.
FIGUEIREDO, M. A.; LIMA-VERDE, L. W.; PAULA, L. A Mata Atlântica no Ceará. In: Annais 6 Congresso Nordestino de Ecologia, João Pessoa, Paraíba, Brazil. 1995. p. 20-25.
GUIMARAES JR, Paulo R. et al. Asymmetries in specialization in ant–plant mutualistic networks. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 273, n. 1597, p. 2041-2047, 2006.
HÖLLDOBLER, Bert et al. The ants. Harvard University Press, 1990

ISSN: 2447-6161

JANZEN, Daniel H. The deflowering of central America. 1971.

LANGE, Denise; DATTILO, Wesley; DEL-CLARO, KLEBER. Influence of extrafloral nectary phenology on ant–plant mutualistic networks in a neotropical savanna. Ecological Entomology, v. 38, n. 5, p. 463-469, 2013.

OLIVEIRA, T. S.; ARAÚJO, FS de. Diversidade e conservação da biota na serra de Baturité. Ceará. Fortaleza: Edições UFC, 2007.

RICO-GRAY, Victor; OLIVEIRA, Paulo S. The ecology and evolution of ant-plant interactions. University of Chicago Press, 2008.

ISSN: 2447-6161