

ETOLOGIA Insetos utilizam a seda produzida por suas larvas para construir ninhos

As formigas tecelãs do cerrado

Alguns insetos, em especial as formigas, têm comportamentos sociais altamente especializados. A construção do ninho, por exemplo, revela muito sobre a evolução desses organismos. Entre os insetos sociais, as formigas tecelãs constituem um grupo restrito, sobre o qual se sabe muito pouco. São, no entanto, uma chave importante na compreensão dos mecanismos envolvidos no desenvolvimento da socialidade. Por **Jean Carlos Santos e Kleber Del-Claro**, do *Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Instituto de Biologia)* da *Universidade Federal de Uberlândia*.

Os insetos do grupo Hymenoptera – ordem do filo Arthropoda à qual pertencem vespas, abelhas e formigas – estão entre os que apresentam maior diversidade de interações com outras espécies, animais e vegetais (figura 1). Como todos os outros insetos, eles têm três pares de pernas articuladas, uma carapaça (exoesqueleto) recobrimdo o corpo e um par de antenas, podem ou não ter asas e vivem em todos os continentes, exceto na Antártida. Entre as peculiaridades dos himenópteros está a de que podem ser solitários ou sociais.

A socialidade é altamente desenvolvida nesse grupo, em especial em abelhas e formigas. Para ser

considerada eussocial (social verdadeiro), uma espécie deve exibir as seguintes características: patrimônio genético comum, recursos partilhados, divisão da população em castas (soldados, operários, machos e rainha ou fêmea reprodutiva), divisão de trabalho, sobreposição de gerações, cuidados parentais com a prole e vida em uma colônia comum, ou ninho.

Todas as espécies de formigas são eussociais e pertencem à mesma família (Formicidae). Seu desenvolvimento é completo (holometabolía): têm metamorfose e o ciclo de vida inclui ovos, larvas (que passam em geral por cinco fases ou estádios),

pupas (onde ocorre a metamorfose da larva em adulto) e adultos. As pupas são formadas quando as larvas expelem fios de seda e constroem os próprios casulos (como acontece com as lagartas de borboletas e mariposas).

A tribo Attini, que reúne saúvas e outras formigas-cortadeiras, é uma das mais conhe-

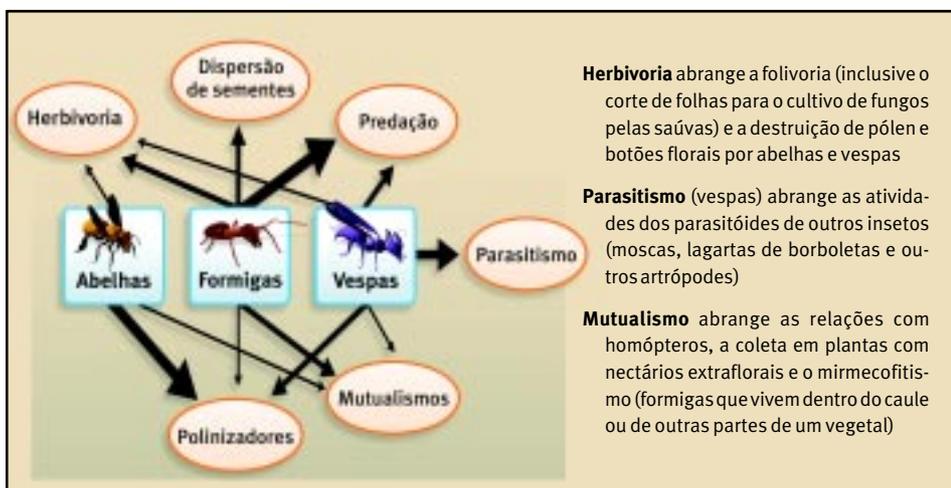


Figura 1. Principais atividades e interações dos himenópteros – a espessura das setas indica a importância das ações para cada grupo



Figura 2. Entrada do ninho de *Azteca* (seta) em tronco de embaúba (A) e rainha de *Pseudomyrmex triplarinus* perfurando meristema de *Triplaris americana* (novateiro) (B) para iniciar a colonização da planta

cidas, principalmente pelos prejuízos que causa à agricultura. Abrange cerca de 190 espécies, que cortam folhas e flores de plantas. Elas levam o tecido vegetal para o interior do ninho (no solo), onde cultivam um fungo do qual se alimentam

(portanto, são micófitas). As outras espécies de formigas, mais de 8.700 (acredita-se que esse número possa chegar a 20 mil), são carnívoras ou se alimentam de mel, néctar e outras exsudações e secreções animais e vegetais, principalmente.

A construção do ninho

Uma das razões do grande sucesso ecológico dos himenópteros está na grande plasticidade de seus hábitos de nidificação (construção de ninhos). A maior parte das formigas faz ninhos no solo, em câmaras ligadas por túneis que podem chegar a 20 m de profundidade, como no caso de algumas saúvas (*Atta*). No Brasil, muitas espécies (como as dos gêneros *Pseudomyrmex* e *Azteca*) fazem ninhos em regiões específicas de plantas (domátias) ou em caules naturalmente ocos, de espécies vegetais como as dos gêneros *Cecropia* (embaúba) e *Triplaris* (novateiro) (figura 2).

Entretanto, um grande número de formigas, em especial nas florestas e savanas tropicais (cerrado), nidifica em troncos ocos e galhos secos de árvores mortas (figura 3), na serrapilheira (matéria vegetal caída no solo) ou em raízes mortas. O gênero *Camponotus* (subfamília Formicinae) tem enorme representatividade nesse grupo. No Brasil, duas espécies de *Camponotus* têm comportamento singular: são capazes de nidificar em árvores, usando uma seda produzida pelas larvas para tecer os ninhos, muito parecidos com o de vespas semi-sociais (figura 4). Esse comportamento parece ter evoluído independentemente nas espécies em que ocorre, e sua compreensão é uma das chaves para um melhor entendimento da evolução da socialidade entre as formigas e mesmo entre os himenópteros.

Formigas tecelãs

O comportamento de construção de ninhos nas formigas tecelãs está restrito a três gêneros africanos e australianos (*Oecophylla*, *Polyrhachis* e *Camponotus* – subgênero *Karavaievia*) e a dois das Américas (*Dendromyrmex* e *Camponotus* – subgênero *Myrmobrachys*). Apenas cerca de 15 espécies de formigas tecem ninhos. Acredita-se que o mais alto nível de especialização na tecelagem ocorra em *Oecophylla*, principalmente devido à grande cooperação entre as operárias. *Camponotus* e *Polyrhachis* exibem níveis intermediários de especialização e em *Dendromyrmex* o processo é rudimentar.

Os ninhos de formigas tecelãs são geralmente construídos com a seda que suas larvas produzem. As operárias manipulam as larvas durante a construção do ninho, em um processo que lembra muito a tecelagem humana. Essa forma de construção de ninhos é um dos mais notáveis exemplos de cooperação social em animais.

O modo de tecer mais bem conhecido é o de *Oecophylla longinoda*, uma espécie africana. De início, as operárias exploram o ambiente em busca de folhas ‘adequadas’ à construção do ninho (em geral folhas com toda a superfície próxima uma da outra). Agarrada a uma dessas folhas com seus últimos pares de pernas, a operária prende a extremidade da outra com sua mandíbula e aproxima as duas.



Figura 3. Entrada do ninho de *Pachycondyla villosa* em tronco de árvore morta no cerrado



Figura 4. Ninho de vespa do gênero *Polybia* (A) e da formiga tecelã *C. senex* (B) na vegetação de cerrado

Figura 5. Operárias carregando as larvas de *C. senex*, que fornecem a seda usada para ligar folhas e outros substratos na construção, ampliação ou reparo do ninho

Percebendo que uma das operárias obteve sucesso em aproximar duas folhas, outras abandonam suas atividades e juntam-se a ela. Alinhadas, cada uma prende-se com as mandíbulas ao pecíolo ('cintura') de outra operária, formando uma espécie de 'escada' de formigas que permite alcançar folhas mais distantes.

Em pouco tempo forma-se uma verdadeira bolsa de formigas e folhas. Em seguida, é recrutado outro grupo de formigas, que traz nas mandíbulas larvas no estágio de pré-pupa. Quando as operárias baixam as larvas e as encostam no substrato, estas liberam fios de seda – os mesmos que usariam para construir o casulo. Então, as operárias fazem com que a boca das larvas toque as extremidades das folhas, para uni-las com a seda. Quando a bolsa de folhas e seda fica pronta, a colônia passa a residir dentro dela.

Os ninhos de *C. senex*

O comportamento de tecer e a estrutura dos ninhos de formigas tecelãs ainda são pouco conhecidos nas Américas do Sul e Central. Nessas regiões, uma formiga tecelã interessante é *Camponotus (Myrmobrachys) senex*. A espécie, que vive em áreas úmidas, vem sendo estudada (pelos autores deste artigo) nos cerrados do Triângulo Mineiro, em pesquisa do Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações da Universidade Federal de Uberlândia.

Os estudos revelaram que *C. senex* inicia a construção do ninho ligando folhas próximas, em pontos menos distantes, com a seda das larvas (figura 5). As operárias não 'puxam' as folhas, em cooperação, como em *Oecophylla*. Em vez disso, cada uma traz uma larva nas mandíbulas e usa a seda para ligar diretamente as folhas. Depois que cada pedaço da parede de seda é formado, um segundo grupo de operárias vai adicionando partículas peque-



Figura 6. Cabeça de formiga morta (microscopia de varredura, com aumento de 100 vezes) usada como substrato na construção do ninho de *C. senex*



nas de material animal (restos de insetos e de pupas) ou vegetal (partes de folhas, sementes e gravetos) na estrutura (figura 6). Em seguida, as operárias retornam com larvas, que liberam mais seda sobre as paredes, acumulando camadas de fios com disposição irregular (figura 7). A trama de fios e resíduos, cada vez mais compacta, dá sustentação e resistência à colônia.

Ao final, os ninhos apresentam formato oval e cor marrom clara, em função da

cor dos materiais adicionados na construção (pedaços de insetos, casulos, folhas, gravetos, flores etc.), do envelhecimento dos fios de seda e do eventual crescimento de musgos nas paredes externas. A quantidade e a qualidade dos materiais do ninho também dão à colônia um cheiro específico, que impregna o corpo dos indivíduos, o que facilita o reconhecimento entre habitantes do mesmo ninho.

Os ninhos de *C. senex*, diferentemente dos de outras tecelãs, têm cerca de 50% do peso seco (em torno de 125 g) constituído por seda. Isso implica um enorme gasto energético para as larvas, as quais, além de atuar na construção do ninho, ainda têm que tecer seus casulos, o que não ocorre nas espécies de *Oecophylla* e *Polyrhachis*. Isso talvez explique por que *C. senex* constrói e mantém seus ninhos por muito mais tempo (em geral mais de um ano) em uma mesma planta: para evitar gastos de energia desnecessários.

As perdas energéticas das larvas são compensadas pelas operárias, que as alimentam. As cerca de 70 mil operárias existentes em uma colônia de tamanho médio (40 cm de diâmetro e 250 g de peso seco) guardam no estômago parte do alimento que consomem, já pré-digerido. Ao retornar à colônia, elas procuram de imediato pelas larvas e regurgitam em sua boca, alimentando-as. Esse comportamento, denominado 'trofalaxis', ocorre também entre as operárias e dessas com a(s) rainha(s).

As formigas tecelãs brasileiras são em geral ativas de dia e forrageiam (coletam alimento ou caçam presas) fora da colônia em praticamente qualquer horário. Se uma fonte rica de alimento é descoberta, como homópteros que exsudam líquidos nutritivos (pulgões, por exemplo), as tecelãs podem manter grupos ativos à noite, coletando o recurso e protegendo a fonte. A atividade forrageadora das operárias, além de garantir alimento para toda a colônia, pode ser benéfica para a árvore hospedeira, pois es-

As formigas podem expulsar da planta ou matar (para consumir como alimento) insetos herbívoros como lagartas de borboletas e mariposas, besouros e percevejos.

Altamente territoriais (a árvore hospedeira pode ser delimitada como território), as formigas tecelãs podem ser usadas no controle de pragas. Registros históricos da China Meridional revelam que, há

mais de 1.700 anos, ninhos de formigas tecelãs, da espécie *Oecophylla smaragdina*, eram vendidos e realocados em árvores cítricas para combater pragas de insetos. Tal prática ainda é uma alternativa ao controle químico de pragas nas províncias chinesas de Guangdong e Fujian. O uso de formigas tecelãs é a mais antiga prática de controle biológico de insetos da história da agricultura.

C. senex apresenta outro comportamento característico: a formação de ninhos satélites na mesma planta, ou ocasionalmente em plantas vizinhas. Essa espécie pode ter mais de uma fêmea reprodutiva em cada colônia (é poligínica), e há colônias com mais de 30 rainhas ápteras (as fêmeas sem asas são consideradas férteis). Os novos ninhos são comumente iniciados em pontos distantes da colônia original, na mesma árvore, ou se expandem para árvores vizinhas.

Tal comportamento aumenta a chance de sobrevivência do patrimônio genético, já que a colônia, se concentrada em um só ninho, poderia ser totalmente extinta por inimigos naturais (predadores, parasitas e parasitóides) ou pelo acaso. A queda ao solo de toda a colônia, quando um galho quebra, é muito freqüente, em especial na estação chuvosa. Assim, a existência de ninhos satélites amplia as chances de defesa do território e de proteção à planta hospedeira. Em um experimento que usou ninfas de cupins (isópteros) como possíveis herbívoros, operárias de *C. senex* removeram em menos de 20 minutos todos os indivíduos postos sobre folhas ou galhos. O tempo de captura das presas variou principalmente em função da distância entre o ponto em que o cupim foi colocado e a posição da colônia.

As formigas tecelãs têm defesas complexas e bem elaboradas contra potenciais predadores e competidores. Um exemplo ocorre em *C. senex*. Quando a colônia é incomodada – alguém balançando galhos da árvore hospedeira, por exemplo –, as formigas exibem um comportamento conhecido como *drumming* (algo como ‘batida de tambor’): vários indivíduos batem repetidamente o gáster (abdome) nas paredes do ninho e em folhas ou no tronco da

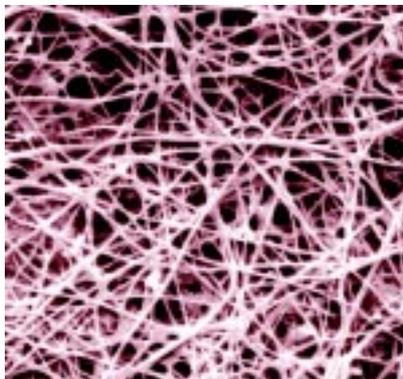


Figura 7. Trama irregular de fios de seda (microscopia de varredura, com aumento de 100 vezes) da formiga tecelã *C. senex*

árvore. Nas paredes do ninho, o *drumming* é feito simultaneamente por milhares de formigas, em uma reação em cadeia, resultando em um som (que dura de 1 a 20 segundos) semelhante ao que vespas sociais produzem quando seu ninho (parecido com

o das formigas) é perturbado.

Essas semelhanças (do som e do ninho) sugerem um caso de mimetismo. As vespas, quando perturbadas, podem voar e ferir o agressor, enquanto as formigas podem se jogar sobre ele mordendo-o e lançando ácido fórmico, de cheiro bastante desagradável (figura 8). Esse tipo de mimetismo, chamado de ‘mülleriano’, ocorre quando espécies desagradáveis ou perigosas para potenciais predadores demonstram essas características através de um sinal, chamado de aposemático (no caso das formigas, o som feito com o *drumming*), gerando um benefício mútuo. Após uma experiência ruim, os predadores aprendem a reconhecer o som como um aviso e passam a evitar os ninhos, tanto de vespas quanto de formigas.

Ainda são necessários outros estudos sobre aspectos evolutivos da tecelagem em formigas, principalmente para investigar as origens desse comportamento. Mas é possível dizer, por exemplo, que

a participação das larvas na construção do ninho é tão importante que elas podem ser consideradas uma casta efetiva nas colônias.

Além disso, a tecelagem pode alterar o papel dos machos na colônia. Entre os himenópteros, os machos têm em geral uma função bastante restrita: são gerados apenas no período reprodutivo, parecendo não ter outra função para a colônia além do sexo. Nossos estudos, porém, levaram à suposição de que as larvas de machos talvez sejam utilizadas na tecelagem do ninho, o que de certa forma compensaria o gasto energético da colônia em sua produção e revelaria outro papel dos machos entre as formigas. Assim sendo, o trabalho ‘infantil’ nas formigas tecelãs, além de fundamental para a sobrevivência da espécie, pode ser a solução para outro problema dos insetos sociais: criar uma nova utilidade para os machos, além da reprodução. ■



Figura 8. Indivíduo da espécie *C. senex* lançando ácido fórmico contra um agressor, nas proximidades do ninho