

As estruturas territoriais dos insetos

WITOLD ZMITROWICZ

OS SERES HUMANOS não são os únicos a criar novos ambientes, modificando o mundo em que habitam. Muito antes do aparecimento das suas primitivas organizações na superfície da Terra, outros seres já viviam em grandes sociedades, e muitos deles até hoje constróem abrigos para as suas populações. Embora os seus organismos sejam diferentes e diversas as escalas das suas construções, muitos dos desafios por eles enfrentados são semelhantes aos nossos.

Interesse especial apresentam as formigas, que desempenham entre os invertebrados papel semelhante ao dos mamíferos entre os vertebrados, desenvolvendo grandes sociedades organizadas, que modificam de forma planejada o seu meio ambiente. Mas também os térmitas possuem povoações habitadas por milhões de indivíduos. E quem não se deslumbra com a perfeição técnica das construções das vespas e das abelhas?

Os materiais

Os mamíferos *Homo sapiens* constróem as suas edificações com material em grande parte retirado do solo (pedras, argila, areia, cal, cimento, metais) e material vegetal (madeiras, fibras) ou, eventualmente, animal (óleo de peixe, óleo de baleia, esterco, peles), interligando-os de modo a aproveitar as suas propriedades físico-químicas. A escala das construções humanas ressalta a importância da força da gravidade do planeta, o que, se de um lado reduz a necessidade de amarração entre algumas das peças das suas edificações, que se mantêm em posição graças ao seu próprio peso, de outro acentua a conveniência do emprego de elementos construtivos verticais e da utilização de extensos planos horizontais para deslocamento e transporte, procurando aproveitar a superfície do solo na definição dos espaços em seus projetos. Enfatiza-se, assim, contrastando com as construções dos insetos, a bidimensionalidade das suas aglomerações. Esta só foi ultrapassada parcialmente nos tempos mais recentes através das estruturas filamentosas dos altos edifícios construídos de aço ou concreto armado e servidos por elevadores movidos a energia elétrica. E, ainda, pelas construções subterrâneas constituídas por diversos sistemas de infra-estrutura, túneis de metrô, garagens e abrigos antiaéreos ou instalações militares. Até o advento do século XIX as construções com mais de seis pavimentos constituíam exceção nas cidades.

Nas construções executadas por formigas, o aproveitamento de materiais é bastante amplo. Para a implementação dos abrigos são aproveitados o solo ou os vegetais, com a utilização de cavidades pré-existentes ou construção de edificações novas, subterrâneas ou apoiadas sobre o solo, usando como material o próprio solo, pedras, folhas, saliva, cartão ou seda, estes últimos fabricados pelas próprias formigas ou suas larvas. Não podendo utilizar o fogo, os insetos buscam recursos biológicos, construindo estruturas muitas vezes em colaboração simbiótica com outros seres vivos. Algumas espécies (como a *Lasius fuliginosus*) impregnam partículas de madeira com solução concentrada de açúcar, que serve de substrato a fungos que se entrelaçam e dão estabilidade à estrutura, constituindo assim uma argamassa viva em suas construções. Em florestas tropicais são encontrados outros tipos de abrigos, construídos de terra, cartão ou seda, em forma de massas esféricas suspensas em árvores, com a consistência e estabilidade reforçadas pelo desenvolvimento de raízes de plantas epífitas, cujas sementes germinam na terra colocada nessas construções. O cartão é formado de detritos vegetais e fungos, e a sua flexibilidade depende da quantidade de secreção glandular misturada às partículas vegetais. A seda é utilizada isoladamente ou como material colante para juntar pedregulhos ou fragmentos de plantas.

Outros insetos que alcançaram alto grau de complexidade na organização dos seus abrigos são os térmitas, dos quais mais de duas mil espécies vivem nas regiões tropicais e subtropicais. Eles conseguem digerir madeira mediante processos de fermentação por meio de flagelados ou bactérias que mantêm em seus intestinos, e constroem os seus abrigos de material retirado do solo e matéria fecal (fig.1).

As estruturas mais sofisticadas são as das sociedades de insetos alados, construídas de cera, ou de cartão, fabricado de pequenas partículas de madeira e saliva, formando uma polpa de rápido endurecimento.

Os abrigos

Toda transformação do meio circundante cria espaços, com maior ou menor grau de adequação, em termos de conforto, segurança e acessibilidade, ao desenvolvimento de seres os mais diversos. Os abrigos constituem parte de uma estratégia para a manutenção de ambientes diferenciados, adaptados às exigências dos organismos e às atividades por eles desenvolvidas.

Os abrigos devem manter determinadas faixas de temperatura, de pressão, de umidade, de composição do ar. Devem proteger de radiações, vibrações, impactos, permitindo, ainda, a segregação de outros seres vivos que procuram os mesmos espaços para habitar. Assim, as paredes devem ser impenetráveis para diversas formas de energia e grande número de substâncias; apresentar resistência à corrosão e aos ataques externos em geral; ser maus transmissores de calor. As aberturas devem permitir controle de fluxos entre os ambientes interno e externo.

Os tipos de construções são criados pelos seres conforme sua escala, suas habilidades, seus conhecimentos, sua cultura. Para a sua definição concorrem basicamente a localização, o meio local, as variações climáticas, os tipos de materiais de construção acessíveis; as quantidades de indivíduos nas povoações e as atividades por eles exercidas, compondo os diversos ambientes necessários para a sua coexistência e desenvolvimento.

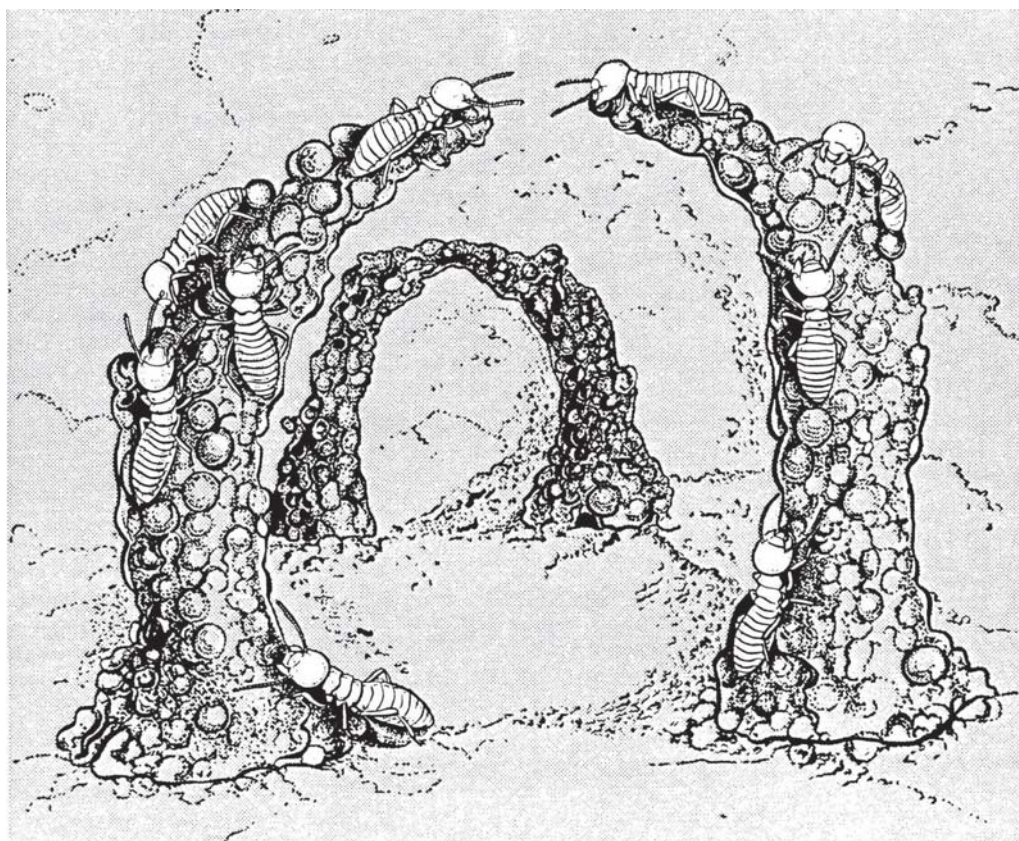


Fig. 1. A edificação de um arco por operários *Macrotermes bellicosus*, de partículas de solo e excremento. Talvez guiados pelo olfato, os insetos, que são cegos, conseguem direcionar a construção de modo a interligar as duas partes formando um arco completo (desenho de Turid Hölldobler, in Wilson, *The insect societies*).

Nas construções humanas tradicionais, a variação da temperatura – nos climas de grandes variações térmicas – e a ventilação – nas regiões úmidas – sempre constituíram a preocupação principal, pois a manutenção do microclima é um dos objetivos da manipulação dos espaços pelos seres vivos.

A temperatura dos abrigos varia principalmente em função das radiações solares, embora seja influenciada também por outros fatores, como ventos, chuvas, umidade. No espaço interno o calor se distribui na maior parte por convecção da energia irradiada por massas que a captam do espaço externo, e que, atuando como reguladores, distribuem o seu fornecimento no tempo. As estruturas das

edificações e o próprio terreno em que elas são implantadas, mantendo uma temperatura mais estável a uma certa profundidade, permitem acumular a energia recebida intermitentemente e transmiti-la de forma contínua para o consumo do ambiente.

Nos climas quentes e secos, em construções executadas em barro, o material utilizado é um bom estabilizador de energia radiante, e as aberturas reduzidas permitem pouca penetração de calor e radiações em geral. Nos climas úmidos, a ventilação, para facilitar a evaporação, é obtida mediante aberturas dispostas estrategicamente, em edificações muitas vezes destacadas do solo, com amplos telhados protegendo-as das chuvas. A vegetação provoca a circulação de correntes de ar por diferenças de temperatura ocorrentes ao longo do tempo.

O controle do microclima nos abrigos dos insetos é aparentemente similar ao das nossas construções tradicionais. Mas, tanto os locais como as formas de implantação das povoações são muito mais diversificados do que entre os seres humanos, pois a sua escala reduzida lhes oferece um número maior de opções. Os seus diferentes tipos e tamanhos são definidos de acordo com a biologia e cultura de cada espécie e os recursos disponíveis no meio em que se encontram. As formigas, por exemplo, cujas populações variam desde algumas dezenas de milhares até vários milhões de indivíduos, quando em regiões montanhosas, em geral localizam os seus abrigos nas encostas dirigidas para o sol nascente, para regular adequadamente a temperatura durante o dia. Quando em regiões arborizadas, os formigueiros podem se dispor em clareiras, junto a tocos de árvores, onde o solo é mais facilmente penetrado ao longo das raízes. O aproveitamento de espaços internos de vegetais vivos, ou subjacentes a pedras chatas, embaixo das quais é mantida uma temperatura interna mais estável e relativamente elevada, necessária para o desenvolvimento mais rápido das larvas e pupas, ou a construção de estruturas artificiais complexas formando domos resistentes e impermeáveis, de matéria orgânica ou de material retirado do solo, permitiu observar casos de diferenças de até 10°C entre a temperatura externa e a interna do ninho.

No caso de colônias de abelhas *Apis mellifera*, dos insetos alados as mais populosas e perenes, reunindo em geral de 40 a 80 mil indivíduos, os locais normalmente são selecionados em troncos ocos, cujas aberturas e fendas, com exceção de um único acesso, são fechadas com substâncias resinosas (própolis), mantendo calor e umidade, e oferecem segurança ao ninho. A temperatura no interior da colmeia é mantida entre 34,5 e 35,5°C; nos climas frios, no inverno, cai até um mínimo de 17°C. Já foi verificada diferença de temperatura entre o exterior e o interior de uma colmeia de 59°C. Isto é conseguido não apenas por isolamento térmico dos abrigos, mas também pela ação dos próprios insetos, aquecendo o microambiente pelo metabolismo (a 10°C, cada abelha consegue produzir 0,1 calorias por minuto) ou resfriando-o mediante a evaporação de gotas de água (Wilson, 1972).

Observe-se que na escala familiar humana, as tradicionais cúpulas dos iglus utilizadas há muito tempo pelos esquimós, de grande estabilidade estrutural e construídas de blocos de neve congelados e forradas internamente com peles, além de oferecerem proteção contra ventos e nevascas, isolam ambientes quentes internos com diferença de até 50°C de temperatura.

Os térmitas, que abrigam nas suas povoações populações imensas cujos indivíduos possuem organismos com pele delicada que precisa de uma atmosfera com umidade relativa de mais de 89% e pouca variação de temperatura para evitar o seu dessecamento, utilizam métodos mais simples e eficientes e ao mesmo tempo menos sujeitos a riscos de defeitos e panes.

Os *Auritermes meridionalis* chegam a construir estruturas com 5m a 7m de altura e 3m de comprimento, dispostas no sentido norte-sul, captando os raios solares através das paredes laterais ao amanhecer e ao entardecer, mas expondo o mínimo de superfície para o sol do meio-dia (fig.2). Algo similar já se procurou realizar nas edificações humanas, mas, com exceção dos grandes conjuntos habitacionais, a orientação em relação ao sol acaba em geral prejudicada pela disposição inadequada das ruas e lotes; às vezes os problemas são corrigidos pela utilização de “quebra-sóis”, mas, na maior parte dos casos, acaba-se despendendo grandes quantidades de energia em ventilação forçada e ar condicionado.

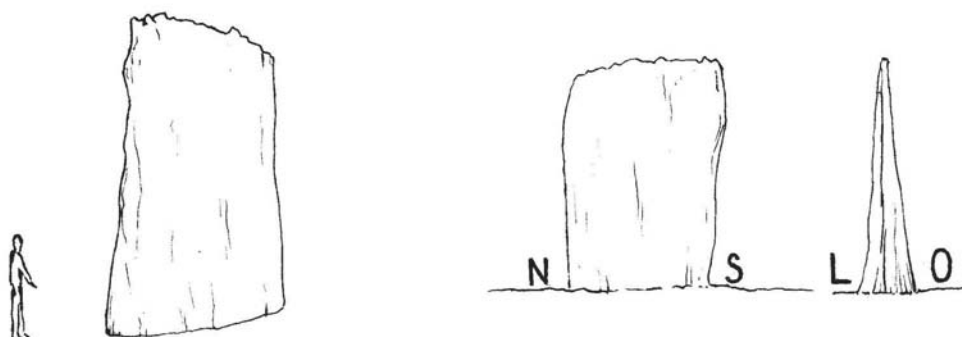


Fig. 2. A forma e orientação das edificações de térmitas nas estepes australianas. Observe-se a escala da estrutura em comparação com a do ser humano (desenho do autor, baseado em fotos, in Frisch, *Animal architecture*).

Outra espécie de térmita, o *Apicotermes gingulifex*, constrói ninhos ovais dentro do solo, mas isolados por meio de uma camada de ar externa, que se comunica com as câmaras achatadas internas, acessíveis de uma galeria central em espiral, permitindo ventilação cruzada, um pouco semelhante à de alguns dos nossos túneis e construções subterrâneas.

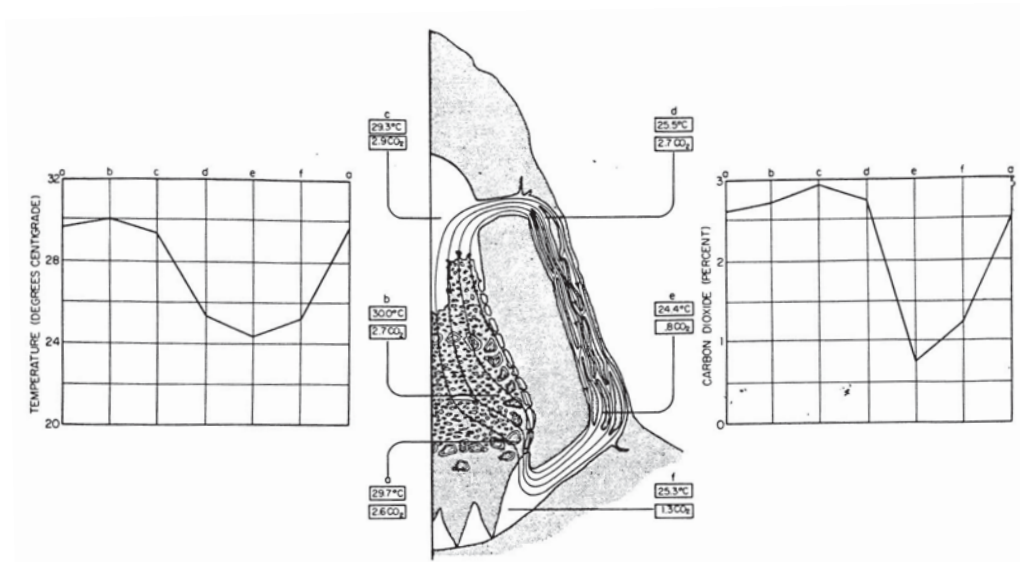
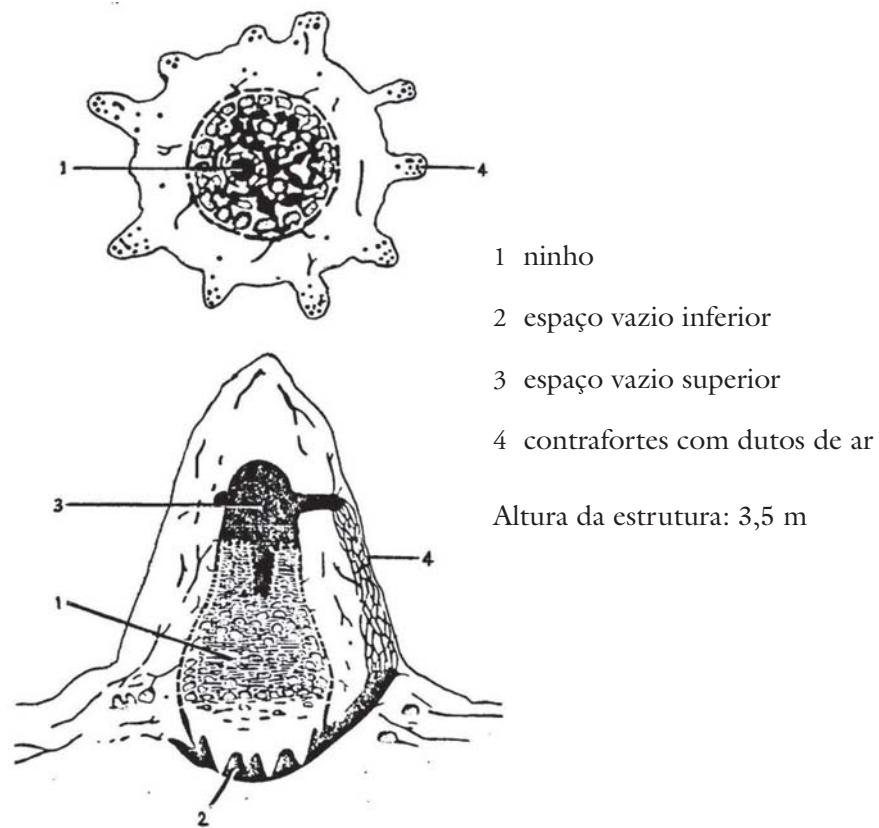


Fig. 3. O fluxo de ar garante o controle do microclima no interior do ninho dos *Macrotermes bellicosus*. O metabolismo dos insetos dentro dos compartimentos eleva a temperatura do ar, que circula, sendo resfriado em contato com as paredes dos canais existentes na estrutura externa. O sistema serve também para reduzir a porcentagem de CO₂ do ar interno (desenhos baseados em Lüscher, in Wilson, *The insect societies*, e Turid Hölldobler, in Frisch, *Animal architecture*).

Os térmitas do tipo *Macrotermes*, ao construírem o seu abrigo, criam um sistema regulador de microclima, mantendo dentro de limites adequados a temperatura e a porcentagem de bióxido de carbono. Os espaços destinados às crias, em volta da “câmara real” – onde o rei e a rainha, em virtude das suas dimensões maiores se encontram praticamente emparedados, produzindo mais de 30 mil ovos por dia – e os compartimentos nos quais são cultivados os fungos necessários à alimentação da população, formam conjuntos suspensos sobre pilares e arcos, semidestacados da abóbada externa. São envoltos por espaços em que o ar se desloca, por convexão, dos locais centrais descritos até uma câmara superior; de lá, desce através de dutos externos, onde é resfriado e parcialmente renovado, perde gás carbônico e retorna aos locais habitados, completando o ciclo deste sistema de ventilação permanente.

Alguns *Macrotermes* constróem abrigos parcialmente permeáveis, mas completamente fechados ao ambiente externo (com exceção apenas das aberturas para vôos nupciais das classes sexuadas); outros com dutos abertos na parte superior formando “torres” ou “chaminés” de ventilação. Nos abrigos dos *Macrotermes bellicosus*, em Uganda, o ar quente é transportado por dutos às câmaras sob o domo, escapando via paredes porosas. Nos porões, normalmente inacessíveis aos habitantes, o ar penetra diretamente de fora, subindo ao ninho pelo piso poroso, e mantendo assim o fluxo de ar fresco (fig.3).

Convém lembrar que em certas regiões desérticas do Iraque, a ventilação natural era obtida nos edifícios mediante dispositivos captadores de vento, ligados a dutos que formavam sistemas funcionando por convexão, e que sob certos aspectos são similares aos dos térmitas. Mas esses térmitas constróem estruturas destinadas a milhões de indivíduos e não a pequenos grupos familiares.

Já houve períodos em que as nossas cidades se desenvolviam em função de estruturas defensivas. Atestam-no as muralhas e fossos que protegiam e barravam a evolução das cidades medievais e renascentistas. A evolução da tecnologia da destruição acabou passando os problemas de segurança contra inimigos externos para outro nível, em escala nacional. Com a redução drástica do controle social nas grandes metrópoles, problemas de segurança têm voltado a surgir na escala das edificações, com cercas, muros e sistemas de controle sendo criados para proteção, não mais contra bandos ou exércitos, mas meramente contra roubos, depredações e invasões por indivíduos indesejáveis. Contudo, nas áreas em guerra, tais preocupações ainda adquirem importância fundamental.

Os agentes externos, em forma de animais ou de intempéries, constituem ameaça muito mais grave para os insetos do que para os seres humanos, sendo motivo de uma preocupação preventiva constante, como, por exemplo, a construção de grandes beirais pelos *Cubitermes* para proteger os seus ninhos das chuvas torrenciais nas florestas tropicais (fig.4), ou a implantação sistemática dos

cupinzeiros em espaços subterrâneos, onde são mantidos por longos anos, podendo alcançar grandes dimensões. No caso de algumas espécies, como a dos *Cornitermes cumulans*, no entanto, ultrapassando um certo limiar, os abrigos passam a se desenvolver na superfície, crescendo rapidamente em períodos curtos, com intervalos de meses ou anos, após chuvas que favorecem a construção ao amolecer o solo. O ninho subterrâneo é então gradualmente dismantelado e deslocado, ampliado, para a nova posição permanente acima da superfície, mas com as paredes cobertas por camadas compactas de argamassa endurecida que protegem contra ataques de outros animais.



Fig. 4. Coberturas construídas pelos *Cubitermes* com beirais protegendo das águas das chuvas as edificações, feitas de barro (desenho do autor, baseado em fotografias, *in* Frisch, *Animal architecture*).

As construções, como outros produtos da engenhosidade dos seres vivos, podem ser criadas para utilização contínua, necessitando então de serviços permanentes de manutenção, ou podem ser descartáveis, abandonadas após um período de uso previamente previsto. Entre os seres humanos, já se pretendeu construir edificações para durarem indefinidamente. Hoje, com a transformação rápida das necessidades, cada vez maior é a atenção dada à duração provável dos produtos, procurando-se obter o máximo lucro, que nem sempre coincide com a máxima eficiência técnica.

Formigueiros costumam estar em contínuo estado de reforma. O material mais fino dos estratos inferiores é regularmente carregado para a superfície para ser secado, o que evita a formação de bolor, sendo a seguir ajuntado em camadas

protetoras contra a água e o frio, numa atividade constante de reconstrução e reutilização do material usado. A maioria das estruturas construídas pelos térmitas podem permanecer em funcionamento por séculos, pois os reis e as rainhas são substituíveis após a morte; os materiais duráveis, e as técnicas relativamente simples, permitem uma rápida recomposição de suas edificações em caso de algum desastre. O mesmo não acontece com a maior parte daquelas construídas pelos insetos alados, que não podem ser alteradas ou reparadas com facilidade; entretanto, o prazo de utilização que delas se exige é muito mais curto.

Dando segurança às suas larvas, algumas espécies de vespas constróem, em determinados períodos do ano, ninhos suspensos em tirantes cobertos com substâncias repelentes de formigas. As células de seção hexagonal, formato que permite o seu agrupamento com o máximo aproveitamento do espaço, e onde se desenvolve a prole, são executadas em camadas horizontais, e protegidas do frio e das intempéries por invólucros múltiplos feitos de cartão, formando camadas de ar termo-isolantes, com um acesso relativamente estreito na parte inferior. Em caso de expansão, novas camadas horizontais de células têm de ser suspensas por tirantes em nível inferior às já existentes, que podem ser alargadas. As paredes laterais acabam sendo então completamente refeitas para abrigar adequadamente toda a estrutura modificada (fig.5). Muitas dessas estruturas não chegam a durar um ano, seguindo o ritmo de expansão e declínio das sociedades a que servem.

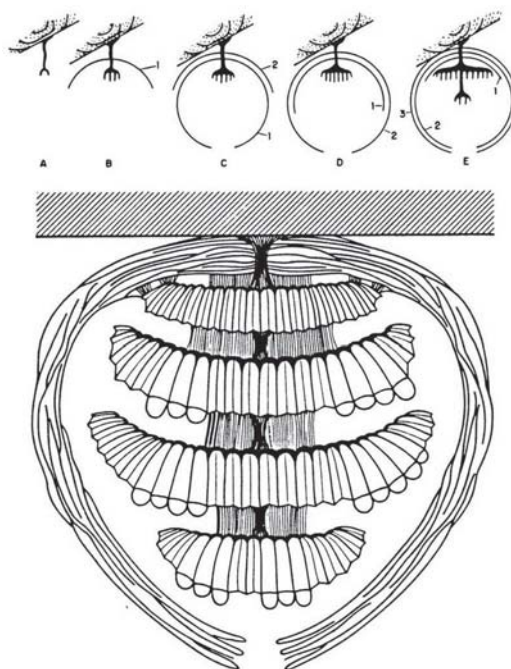


Fig. 5. Ninho de uma colônia de vespas: esquema de sua evolução e corte na sua fase madura (desenho de Kemper & Döhning, in Wilson, *The insect societies*).

Tais abrigos suspensos, executados normalmente em cartão, com as fibras de madeira nos tirantes dispostas longitudinalmente dando resistência à tração, são implantados em ramos de árvores, beirais de telhados, ou em cavidades existentes no solo, posteriormente alargadas e aprofundadas por meio de escavações e remoção do material escavado. Podemos admirá-las como grandes obras técnicas. Pedras de dimensões maiores, difíceis de serem removidas e que constituiriam obstáculo à edificação, são descartadas mediante seu deslocamento para cavidades inferiores, abertas especialmente para tal fim (fig.6).

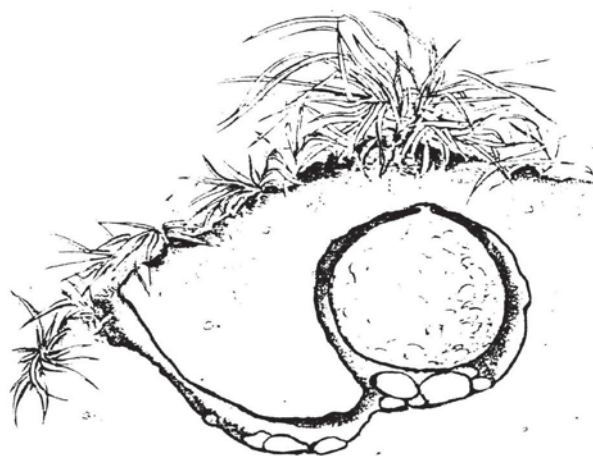


Fig. 6. Ninho subterrâneo de vespas, mostrando a cavidade e o canal de comunicação com o exterior. Observe-se as pedras deixadas na parte inferior da cavidade, por não ter sido possível a sua remoção em função do peso (Turid Hölldobler, *in* Frisch, *Animal architecture*).

Os favos das colmeias das abelhas *Apis mellifera*, ao contrário das outras espécies, são dependurados verticalmente, facilitando o multiuso das suas células, de seção hexagonal, que servem tanto para abrigar as crias quanto para armazenar mel e pólen. Essas células, dispostas nas duas faces de uma parede mediana, possuem formato prismático, padronizado, e executado com extrema precisão em termos de tamanhos, ângulos formados e espessuras (0,073 ou 0,093mm, com tolerância até 0,002mm), obtendo o máximo aproveitamento do material – cera, eventualmente misturada a própolis para elevar o ponto de fusão quando em lugares quentes. Nas transferências da colmeia de um lugar para outro, a cera das velhas células é reaproveitada.

Os favos construídos por uma comunidade apresentam, ainda, orientação constante com relação ao campo magnético da terra, o que facilita o início concomitante da construção em diversos pontos, envolvendo milhares de operárias, que se substituem nas tarefas em turnos rápidos, de não mais de 30 segundos (fig.7).

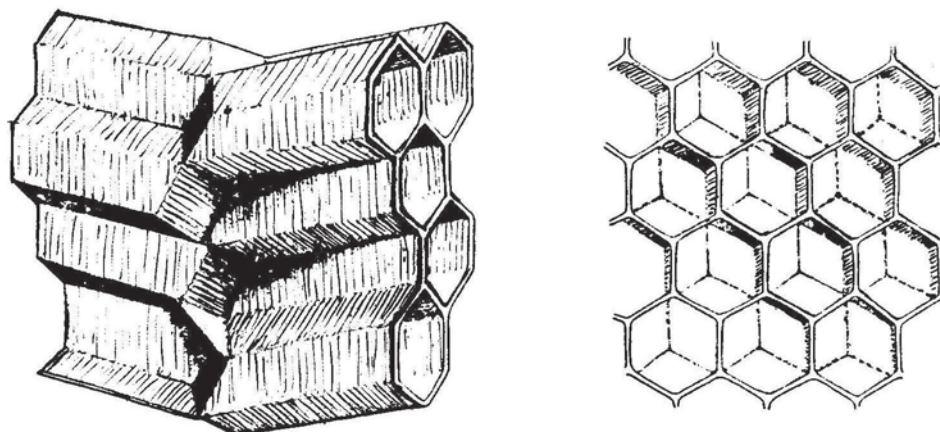


Fig. 7. Detalhe de um favo de abelhas, desenhado de modelo por M. Renner, *in* Frisch, *Animal architecture*). Os compartimentos são inclinados, evitando que o mel escorra para fora antes do seu fechamento, e os seus fundos são compostos de losangos de cera formando superfícies piramidais, permitindo um aproveitamento eficiente da geometria do conjunto.

Os abrigos das formigas constituem conjuntos que permitem grande flexibilidade de uso; são formados por sistemas de câmaras intercomunicantes, possibilitando o deslocamento de atividades e bens de uma câmara para outra, de acordo com as condições físicas e de segurança oferecidas em cada época. As formigas migram, às vezes sazonalmente, de um abrigo para outro, ou relocalam a prole para microclimas mais adequados. Somente algumas câmaras, necessitando de condições específicas, como as para armazenamento de grãos ou de capim, são localizadas em posições planejadas, similarmente às dos térmitas *Hodotermes mossambicus*, que armazenam capim em câmaras achatadas, com mais de um metro de diâmetro, localizadas próximas à superfície do solo; os gases resultantes da fermentação, assim, não prejudicam as crias. Posteriormente, o “feno” resultante é carregado pelos térmitas para outras câmaras de armazenamento, junto ao ninho esférico, a 3m de profundidade (fig.8). Também as câmaras que contêm as formigas “potes de mel” penduradas no teto (e de cuja função trataremos adiante), que necessitam de superfícies resistentes, são implantadas em locais próprios, em terrenos duros, abaixo das outras câmaras, mas mantidas secas e ventiladas, nas regiões semidesérticas onde vivem essas espécies.

Os saueiros constituem abrigos subterrâneos, escavados mediante remoção de dezenas de toneladas de terra, formando centenas de câmaras (“panelas”) utilizadas em boa parte como local para produção de alimentos, algumas para depósito de lixo (principalmente restos de material vegetal e cadáveres), outras para depósito de terra solta escavada. Muitas permanecem vazias por longos períodos até chegar a hora de sua utilização. Essas câmaras são interconectadas através de canais curtos e de pequeno calibre com corredores que, subindo até a

superfície, formam os “olheiros”. Alguns deles servem para a retirada de terra solta, outros para a renovação do ar no interior do abrigo, outros ainda para o transporte de material vegetal com que as formigas alimentam fungos que lhes servem de alimento (fig.9).

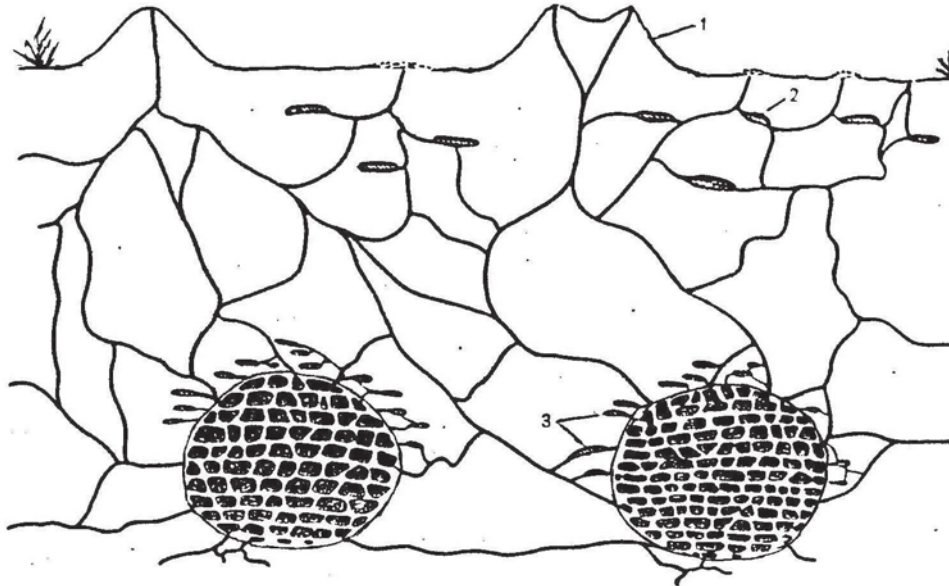


Fig. 8. Corte vertical mostrando dois ninhos de *Hodotermes mossambicus*. 1 - elevação formada por terra escavada; 2 - câmaras próximas à superfície, para armazenagem de capim coletado; 3 - câmaras junto aos ninhos para armazenagem do capim depois de seco (Frisch, *Animal architecture*).

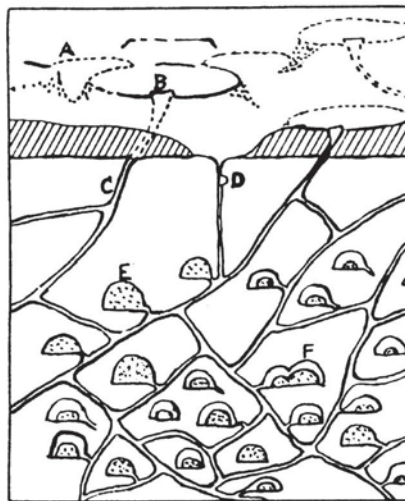


Fig. 9. Perfil de um saúveiro. A - terra solta (superfície do solo). B - olheiro. C - canal. D - primeira panela. E - panela cheia de terra. F - panela com esponja de fungo (desenho de Autuori, in Mariconi, *As saúvas*).

Certas espécies de formigas controem, sobre os vegetais, pavilhões auxiliares em forma de tendas feitas de seda ou cartão, para abrigar os pulgões, conchonilhas e outros insetos que constituem os seus “rebanhos”, protegendo-os assim da luz, dos ventos, do frio, da umidade, dos predadores, e evitando também a sua fuga (fig.10), semelhantemente às nossas construções rurais.

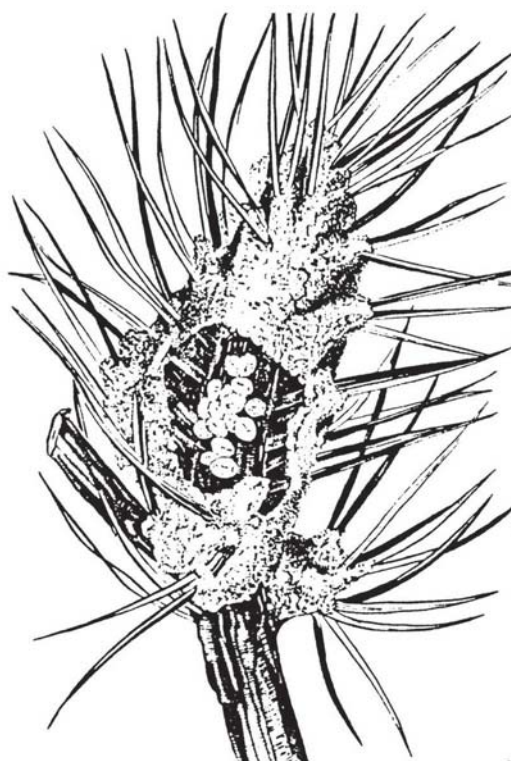


Fig. 10. Tenda de cartão construída por formigas *CreMATogaster pilosa* sobre uma colônia de coccídeos – que podem ser vistos no seu interior por uma abertura recortada na tenda (Frisch, *Animal architecture*).

Estruturas regionais

Entre os animais que vivem em grandes sociedades, tornam-se importantes, além dos abrigos, também as infra-estruturas, que permitem deslocamentos e intercâmbios, e garantem ambientes adequados em espaços agrupados de forma contígua em escalas muito mais amplas que as dimensões dos indivíduos.

Os abrigos humanos formam unidades autônomas, sob comandos diferentes. Para dar flexibilidade à sua implantação e utilização, as interligações dos diversos agrupamentos de espaços que se integram na cidade, precisam ter existência quase independente. Nas sociedades centralizadas dos insetos, pelo contrário, os abrigos constituem normalmente um único volume, com os problemas técnicos resolvidos de formas também centralizada e unitária.

Os “canais” que unem os espaços habitados pelos seres vivos não são independentes do território circundante. Eles se interligam, por meio de elementos regionais que lhes dão continuidade, com os espaços onde se localizam as atividades que iniciam as operações de transformação dos recursos para manter a vida dos habitantes, ou com os espaços nos quais se procede ao descarte final das matérias inúteis ou prejudiciais.

Entre os térmitas, galerias que formam um verdadeiro sistema viário regional subterrâneo, conectando o abrigo com troncos e galhos caídos que constituem as suas fontes de matérias primas, permitem aos operários coletar a celulose existente sobre o território num raio de até 50m, para abastecer uma população de cerca de um até dez milhões de indivíduos (fig.11). Às vezes, talvez para facilitar a locação da construção, as galerias de comunicação são implantadas segundo orientação magnética, preferencialmente nas direções norte-sul e leste-oeste, como foi verificado entre os *Macrotermes* e *Odontotermes* (Frisch, 1974). Para resolver o problema da água, necessária para os seus organismos, confecção da argamassa, entre outros usos, os térmitas chegam a cavar no solo galerias verticais com profundidades de até 40m para alcançar o nível freático.

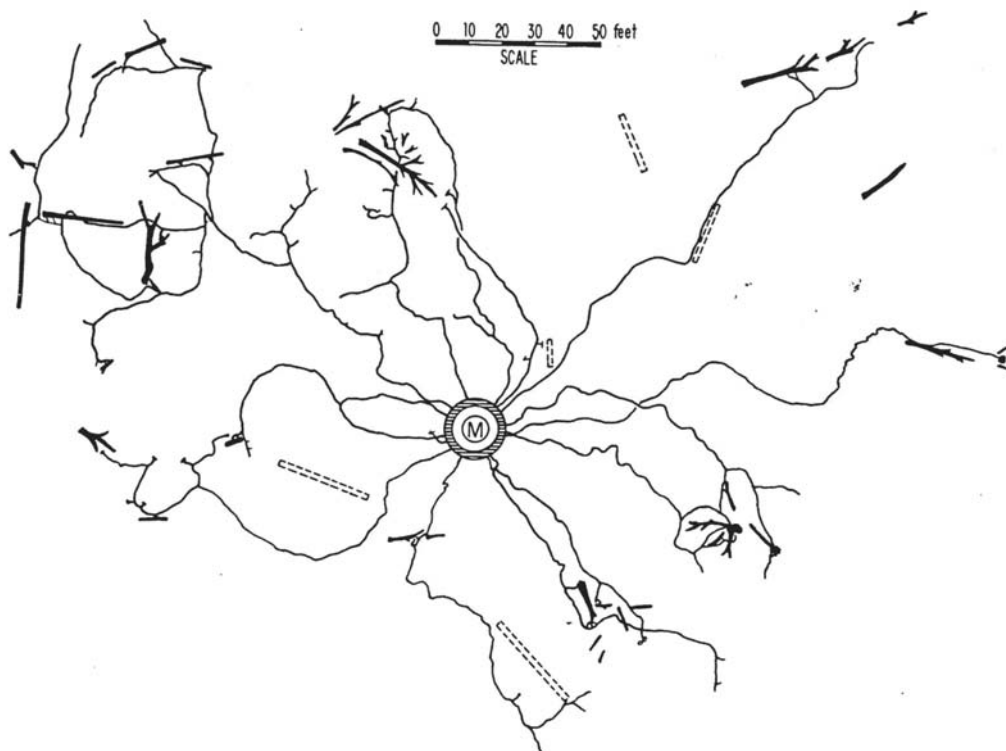


Fig. 11. Território de uma colônia de *Coptotermes lacteus*, na Austrália, com uma população de cerca de um milhão de indivíduos, indicando esquematicamente o ninho, localizado em M, e o sistema de galerias subterrâneas que interliga aos locais onde se encontram as suas fontes de matéria-prima – troncos de árvores caídas (baseado em Ratcliffe & Greaves, *in* Wilson, *The insect societies*).

Sistemas de drenagem de águas pluviais, constituídos de canais entrecruzados, verticais e horizontais, são construídos pelas “formigas do bosque” das florestas temperadas da Europa. Tais sistemas evitam a infiltração nas câmaras subterrâneas, e desviam a água para o solo circunjacente.

A construção das vias de superfície apresenta técnicas próprias, com as quais as formigas procuram facilitar não apenas a sua execução como também a operação. Os caminhos entre diferentes “ninhos” de uma colônia podem ser eventualmente cobertos por partículas vegetais, havendo ao seu longo locais de descanso e proteção contra chuva e calor do sol para as trabalhadoras que os utilizam. A *Formica pratensis* remove todos os capins numa faixa de 4cm de largura e cava uma trincheira de 1 a 2cm de profundidade. Tais estradas, sobre as quais passam pedestres mas não trafegam veículos, com a superfície eventualmente pavimentada com pelotas de excremento e partículas de solo coladas com saliva, necessitam de manutenção constante, face às intempéries e à velocidade de crescimento da vegetação, extremamente significativa nessa escala. Por elas, é feito o transporte do alimento ou de produtos, em geral, a distâncias que permitam ao indivíduo voltar ao abrigo no mesmo dia. No caso das “formigas do bosque”, por exemplo, foi constatado numa pesquisa que a viagem do ninho matriarcal até o ninho mais distante da aglomeração durava 1h15, e de um ninho a outro não ultrapassava 1h40. A travessia de todo o território utilizado para abastecimento dos formigueiros levava cerca de 4h, na velocidade da formiga. As extensões das áreas sob a influência dos centros de serviços e de distribuição da produção são função da velocidade de deslocamento dos seus habitantes. O ritmo das atividades é baseado em grande parte na sucessão do dia e da noite.

De forma similar, as aglomerações humanas também refletem as velocidades de deslocamento. A distância entre os povoados era antigamente determinada pelas paradas para o pernoite ao longo das estradas. Os limites dos territórios ocupados pelas cidades sugerem a duração de pouco mais de 1h30 como duração máxima do deslocamento da periferia até o centro. O aumento das velocidades de deslocamento, juntamente com o das capacidades dos sistemas de transporte de passageiros e de carga, permitiu aglomerações mais amplas, com unidades de distribuição e de produção maiores, mais especializadas e eficientes. Mesmo em épocas mais recentes, quando o progresso da iluminação artificial, e a conseqüente ampliação dos períodos de atividades, permitiu um maior aproveitamento dos recursos à disposição dos seus habitantes, as limitações dimensionais devidas aos ciclos naturais só se vêem ultrapassadas indiretamente nas conurbações surgidas em função da expansão dos núcleos originais.

A localização das atividades produtivas

Como entre os seres humanos, também entre as formigas os alimentos podem ser obtidos diretamente no meio natural, mediante coleta ou caça. Indivíduos

isolados ou pequenos grupos sobrevivem graças a esse tipo de atividade. Sociedades numerosas podem encontrar dificuldades para se sustentar desta forma, devido à complexidade do controle quantitativo que é necessário manter sobre as espécies envolvidas quando o consumo é elevado. Nas colônias de *Formica fusca*, que vive da caça, foi observada a entrada, no formigueiro, de até 28 insetos, larvas e outros artrópodes mortos por minuto, podendo-se imaginar a grande quantidade de insetos a serem caçados por dia para a sobrevivência de uma colônia de grande porte.

A utilização de “rebanhos” e colheitas de grãos produzidos por vegetais permite o estabelecimento de uma vida sedentária e rotinas de atividades destinadas a garantir mais facilmente a sua subsistência.

Secreções doces de plantas, folhas, caules, néctares das flores, bulbos, tubérculos, raízes, cotilédones de grãos em germinação servem de alimento para as formigas. A colheita e armazenamento de grãos permite a conservação do alimento por um tempo mais longo. Elas deixam germinar as sementes dos cereais; “podando o primeiro rebento que aparece e expondo-as ao sol, mudam em açúcar o amido que contêm” (Morley, 1958). Rebanhos de afídeos, coccídeos ou membracídeos, que sugam a seiva das plantas, são utilizados por certos tipos de formigas para produzir secreções de açúcar para o seu consumo. Algumas espécies armazenam ovos de afídeos nas suas povoações durante o inverno; mantendo-os, promovem o seu desenvolvimento, distribuindo as suas ninhadas na primavera. Espécies do gênero de formiga *Lasius* mantêm afídeos e coccídeos em suas galerias subterrâneas. O planejamento dessas criações é feito a longo prazo. Ao norte da região tropical da América do Sul, as fêmeas de *Acropyga maribensis*, no seu vôo nupcial, levam consigo um coccídeo já fecundado, o qual é colocado junto a raízes dos caféeiros, dos quais retira o alimento, e que, ao se reproduzir, forma rebanhos que abastecem o novo formigueiro.

A transformação em grande escala dos recursos com o objetivo de adequá-los ao consumo e a sua conservação no tempo para uso posterior necessitam de determinadas condições ambientais. Espaços “fechados”, protegidos por barreiras ou escudos contra invasões, contaminações, vazamentos; ou “abertos”, permeáveis à maior parte dos elementos, segregam ambientes cuja manutenção é obtida pela utilização de sistemas de infra-estruturas e serviços diversos. Na construção dos primeiros, as principais preocupações são a variação térmica, a ventilação, a umidade, a proteção contra intempéries e seres vivos indesejáveis. Para a produção dos alimentos, são utilizados, em grande parte, ambientes não-fechados, espaços preparados e mantidos continuamente mediante a segregação e eliminação de seres prejudiciais à eficiência da produção e do aproveitamento dos recursos naturais, cujo fluxo é mantido, eventualmente acelerado ou reforçado.

A conservação, o preparo, e mesmo a produção dos alimentos podem ser executados em ambientes “fechados”. Em regiões áridas da América do Norte, há um gênero que mantém o alimento líquido armazenado em reservatórios vivos,

constituídos pelos corpos das próprias formigas, que se penduram do teto, formando “potes de mel”, em câmaras secas para evitar a formação de fungos, e regurgitando o elemento que é aproveitado pelas outras formigas (fig.12). As saúvas e alguns outros gêneros próximos vivem exclusivamente de fungos que elas cultivam nas suas metrópoles sobre canteiros de substâncias vegetais que colhem nos arredores e carregam até as câmaras. Trituram-nas em minúsculas partículas e as depositam no chão, misturadas com o fungo, formando uma massa esponjosa que produz corpúsculos brancos, de 0,25 a 0,50mm de diâmetro, constituindo o alimento. A ventilação dessas câmaras deve ser muito controlada para manter a temperatura e a umidade adequadas ao desenvolvimento do fungo, cuja pureza é preservada pela atividade contínua das formigas da casta “mínima”. O fungo é transferido para cada nova povoação pela própria rainha-mãe seguinte, que, da mesma forma como a *Acropyga maribensis*, mencionada no caso dos coccídeos, o recebe antes de partir para o seu vôo nupcial. Essas formigas, portanto, não dependem tanto do abastecimento precário de origem externa, sujeito a variações climáticas súbitas. Observe-se que também o sistema de alimentação desenvolvido por algumas espécies de térmitas africanos e asiáticos é análogo ao das saúvas.

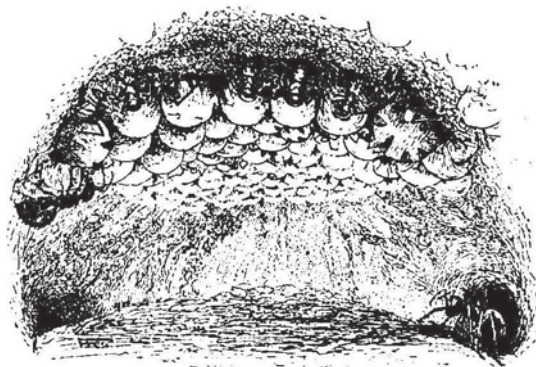


Fig. 12. Formigas *Myrmecocystus horti-deorum* penduradas no teto de uma câmara do formigueiro, com os abdomens repletos de alimento líquido (desenho de McCook, *in* Wheeler, *Ants, their structure, development and behaviour*).

Organização social

Nas sociedades de insetos, salta à vista a atenção dada à criação da prole, cuja mortalidade, excetuando-se as classes reprodutoras, foi em vários casos reduzida a níveis insignificantes, praticamente 100% dos ovos sobrevivendo e se transformando em membros adultos da comunidade.

Em algumas espécies ainda é encontrada a competição por alimento entre as larvas; nos térmitas, as larvas e as ninfas chegam a contribuir para o trabalho da

colônia. Mas entre os himenópteros, com exceção da colaboração prestada na produção da seda, as crias são completamente passivas, recebendo individualmente a atenção dos adultos encarregados de cuidá-las. As castas e os comportamentos sociais provavelmente se tornam mais controláveis quando há um número reduzido de indivíduos reprodutores e similaridade dos ambientes de criação, o que explicaria a eliminação de rainhas concorrentes, por vezes violenta, em muitas das espécies desses insetos. As fêmeas reprodutoras costumam então adotar conduta agressiva com relação a suas companheiras de mesma especialização, ou eventualmente são mortas pelas próprias operárias.

Em outras espécies, a dominância reprodutiva de uma rainha consegue ser mantida pela ação dos feromônios, havendo grande controle na determinação do número de indivíduos a serem produzidos para integrar cada uma das castas. Entre os térmitas tal controle é baseado nos próprios feromônios e nas abelhas na nutrição: dependendo da nutrição recebida, as larvas se desenvolvem, dentro das células de tamanho adequado, para formar indivíduos de uma ou de outra casta, de um ou de outro sexo.

Ao contrário dos térmitas, em que machos e fêmeas convivem durante o desenvolvimento da colônia, tanto na sua forma não-reprodutiva – operários – quanto reprodutiva – casais “reais” coabitando nas mesmas câmaras por cerca de 10 anos –, nos himenópteros os machos normalmente morrem após a fertilização, sendo as sociedades constituídas praticamente só de fêmeas.

A divisão de trabalho ocorre não apenas entre as diversas “castas” criadas com diferenciações físicas pré-estabelecidas, mas também dentro de cada “casta”, ao longo dos diversos estágios da vida de cada indivíduo, que pode passar de “ama-seca” a “forrageadora”, “guerreira” ou “guarda” e até eventual mãe partenogenética. Diferenciam-se individualmente por suas qualificações: entre as operárias, há aquelas mais eficientes e rápidas, que com a sua atividade excitam as outras tornando o trabalho mais produtivo (como as “formigas centro-de-excitação” nas colônias da formiga-do-bosque). Em algumas espécies surgem diferenciações físicas ao longo da vida, como no caso das formigas “potes de mel”, que podem se transformar em depósitos vivos de alimento.

Certos tipos de formigas aproveitam-se do trabalho executado por outros tipos de insetos, inclusive por outras espécies de formigas, vivendo temporária ou permanentemente graças a diversas formas de parasitismo social. Chegam a utilizar formigas auxiliares ou escravas criadas a partir de larvas e pupas raptadas de outras espécies, em cujas colônias os indivíduos adultos são muitas vezes mortos, até de forma violenta. Em outros casos, o aproveitamento de todos os recursos de uma colônia é conseguido por uma espécie diversa, por meio de uma nova rainha, que penetra no ninho e elimina as rainhas anteriores, fazendo com que as operárias cuidem da nova prole dentro dos mesmos espaços físicos.

Insetos vivem em grandes sociedades há muito mais tempo que os seres humanos. Ao compararmos as suas construções com as nossas, devemos ter presente a diversidade da escala – as diferentes relações entre volumes, superfícies e pesos, as mudanças na importância da gravidade, de tensões superficiais e aderências – propiciando características efetivamente diferentes aos materiais disponíveis para as construções. Sem utilizar o fogo, os insetos aproveitam ao máximo recursos biológicos. De qualquer modo, essas comparações podem nos dar uma visão mais ampla da estruturação dos abrigos e dos recursos que podem ser utilizados para criá-los e mantê-los.

Contudo, o universo mental que move essas sociedades nos é desconhecido. Os nossos conhecimentos sobre a comunicação entre os animais de outras espécies que não a humana são muito incipientes. Sabemos que existem insetos que podem receber informações por meio de sons, da dança, dos odores, dos sabores, do tato, da visão proporcionada por parcelas do espectro de radiações solares; que podem se orientar pela polarização da luz. Aparentemente, a transmissão de informações por intermédio de sinais gráficos, que seriam para nós mais compreensíveis e fáceis de analisar, é restrita à espécie humana. Assim, conseguimos apreciar as suas construções, os seus comportamentos físicos, mas não os planos e projetos, ou a sua elaboração; nem a essência das manifestações culturais que devem condicionar o seu trabalho.

Referências bibliográficas

- FREE, John B. *A organização social das abelhas (Apis)*. Trad. de Denise Monique Dubet da Silva Mouga, de *The social organization of Honeybees*. São Paulo, EPU/EDUSP, 1980.
- FRISCH, Karl von. *Animal architecture*. Trad. de Lisbeth Gombrich. New York, A Helen and Kurt Wolff Book, Harcourt Brace Jovanovich, 1974.
- GORDON, Deborah M. *Ants at work*. New York, The Free Press, 1999.
- HOWSE, P.E. *Biosystematics of social insects*. London, Academic Press, 1981.
- MAETERLINCK, Maurice. *A vida das formigas*. Trad. de Norberto de Paula Lima, de *La vie des fourmis*. São Paulo, Hemus Editora Ltda, s/d.
- MARICONI, Francisco A.M. *As saúvas*. São Paulo, Editora Agronômica “Ceres”, 1970.
- MORLEY, Derek Wragge. *A evolução de uma sociedade de insetos*. São Paulo, Editora Nacional, 1958.
- WHEELER, William Morton. *Ants - their structure, development and behaviour*. New York, Columbia University Press, 1965.
- WILSON, Edward O. *The insect societies*. Cambridge, Massachusetts, The Belknap Press of Harvard University, 1972.

RESUMO – AS SOCIEDADES de insetos utilizam muitos tipos de materiais e recursos biológicos para construir seus abrigos. As disposições espaciais e estruturas de apoio são criadas de forma engenhosa, oferecendo condições adequadas para a criação da prole, a produção ou o armazenamento de alimentos. A sua localização e as suas interconexões as inserem nas áreas circundantes, e elas podem aproveitar vantagens circunstanciais oferecidas pelo meio ambiente. As técnicas de construção e de manutenção fazem parte da *cultura* desses seres, e permitem uma visão interessante de soluções obtidas mediante a utilização eficiente de uma ampla gama de recursos disponíveis.

ABSTRACT – INSECT SOCIETIES use many kinds of materials and biologic resources to build their shelters. Space arrangements and supporting structures are created in an ingenious way to provide adequate conditions for development of the young, for food production or storage. Their location and interconnections insert them into the surrounding areas, and they may take advantage of circumstantial benefits of their environment. Building and maintenance techniques belong to the *culture* of these beings, and they offer an interesting vision of solutions based on efficient use of a wide range of available resources.

Witold Zmitrowicz, professor-associado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, foi coordenador do Grupo de Estudos Urbanos do Instituto de Estudos Avançados da USP.

O autor agradece ao professor Carlos Roberto Brandão, do Museu de Zoologia da USP, pelos preciosos comentários durante a elaboração do texto.