

Biominaerais magnéticos

Você já observou as trilhas de formigas trazendo comida para o formigueiro? Já pensou como é que o pombo-correio se orienta para voltar ao lar quando está distante dezenas de quilômetros? Essas são apenas duas das várias questões intrigantes sobre o mecanismo de orientação magnética de seres vivos.



Todo ser vivo de nosso planeta interage com seu meio ambiente. Essa interação é um processo dinâmico que vai produzindo alterações mútuas e adaptando as espécies a seu meio, garantindo assim a sobrevivência delas.

O campo geomagnético faz parte do meio ambiente e está presente, de forma ininterrupta, na Terra desde antes do surgimento da vida, embora sua existência só tenha sido conhecida há quatro séculos. Variando no tempo e no espaço, sua intensidade é da ordem de 0,5 oersted (0,5 Oe), cerca de 20 vezes menos intenso que o campo magnético gerado por um ímã de geladeira – a unidade oersted é uma homenagem ao físico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851), descobridor da ação magnética de uma corrente elétrica.

Na região abrangendo Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais e parte do oceano Atlântico, há uma grande anomalia >>>

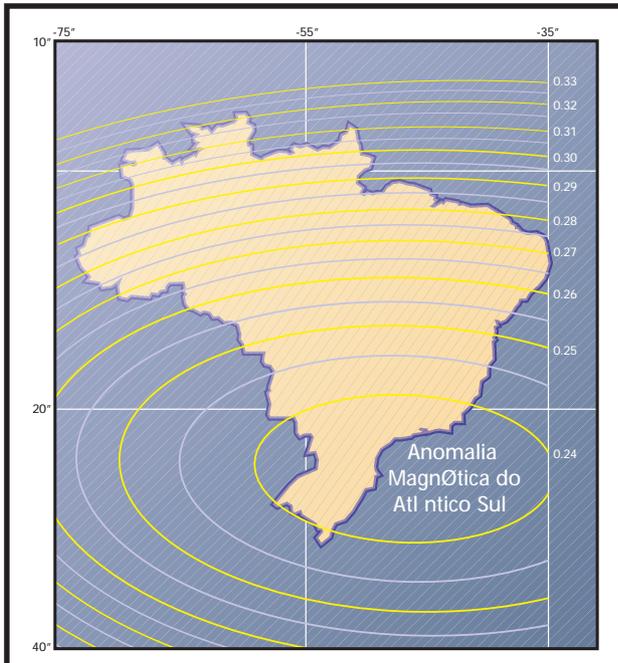


Figura 1. Gráfico mostra a variação da intensidade do campo magnético terrestre sobre o Brasil. A chamada Anomalia Magnética do Atlântico Sul, onde a intensidade do campo é mais fraca, abrange Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais e parte do oceano Atlântico.

magnética, com campo da ordem de 0,2 oersted, a chamada Anomalia Magnética do Atlântico Sul (figura 1).

Estudos do efeito do campo geomagnético no comportamento dos seres vivos buscam compreender os mecanismos de percepção envolvidos, por exemplo, nos fenômenos de migração dos animais, de orientação no processo de busca de alimentos e na volta ao lar feita pelos pombos-correio. Embora esse efeito no comportamento seja hoje reconhecido, os diferentes mecanismos que cada espécie utiliza para perceber esse campo são ainda pouco compreendidos.

BÚSSOLA VIVA. Somente no caso de microrganismos magnéticos, a magnetotaxia, um mecanismo de resposta passiva, é bem compreendida do ponto de vista da física.

Em 1975, pela primeira vez, foram observadas pequenas partículas de um material magnético formando uma cadeia linear dentro do citoplasma de uma bactéria. A magnetita, um óxido de ferro biomineralizado e fortemente magnético, foi encontrado como constituinte dessas partículas.

A resposta passiva nesses microrganismos leva-os a se comportarem como uma 'bússola viva'. Desde então, vários estudos têm mostrado a presença de material magnético biomineralizado em outras espécies.

PESQUISAS ABRANGEM DE BACTÉRIAS A INSETOS SOCIAIS

Há mais de 20 anos, o Grupo de Biofísica do CBPF estuda a diversidade de microrganismos magnéticos nas áreas tropicais da costa brasileira e seus cristais magnéticos, que são específicos para cada espécie (figura 2).

Nos últimos sete anos, estamos estudando também insetos sociais,

com o objetivo de detectar e identificar esses materiais e estudar suas propriedades magnéticas, lembrando que a abelha *Apis mellifera* é o inseto mais estudado com relação à orientação magnética.

Aos leitores interessados que queiram obter mais informações sobre o

assunto tratado neste artigo, sugerimos a leitura de 'Insetos Sociais: um exemplo de magnetismo animal', publicado na *Revista Brasileira de Ensino de Física* de setembro de 2000 (vol. 22 (3), 317-322), bem como 'Orientação magnética' (*Ciência Hoje* vol. 1, nº. 1, 1982, p.25).

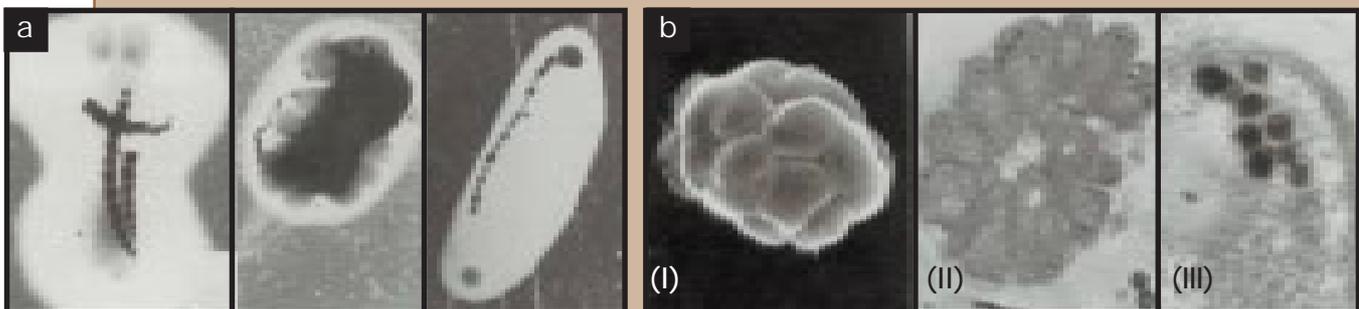


Figura 2. Em a, microscopia eletrônica de transmissão de diferentes bactérias magnéticas, mostrando cadeias de partículas de magnetita biomineralizadas em várias formas. Em b, microscopia eletrônica de varredura de um agregado multicelular (I) e microscopia de transmissão de um corte ultrafino desse agregado (II), mostrando partículas magnéticas nas células e uma ampliação dessas partículas magnéticas (III), que são de sulfeto férrico e não magnetita.



Figura 3. Formiga migratória *Pachycondyla marginata* carregando o único alimento vivo que ela caça, o cupim *Neocapritermes opacus*.

ANIMAIS SUPERIORES. Em animais superiores, a magnetorecepção não é um processo passivo de alinhamento das partículas ao campo magnético. Trata-se de um processo ativo, incluindo a detecção deste campo pelas partículas, originando um sinal, a transdução (transformação do sinal magnético em biológico) e sua amplificação pelo sistema nervoso, gerando uma resposta no comportamento.

Qualquer comportamento de um ser vivo é sempre altamente complexo e dependente do estímulo, sendo a orientação apenas um de seus componentes. Assim, a dificuldade de se compreender os mecanismos de orientação magnética analisando respostas de comportamento tem a ver com a limitada compreensão de outros mecanismos presentes, como o solar, o de polarização da luz, o quimiotático (sensibilidade de quimiorreceptores a substâncias do meio), entre outros.

No entanto, uma hipótese que vem se fortalecendo com os resultados da presença de material magnético biomineralizado em animais superiores é a de que esse material ferromagnético estaria organizado para detectar o campo geomagnético, apresentando propriedades magnéticas capazes de detectar variações da ordem de 0,0001 Oe, ou seja, campos cem mil vezes menores que o de um ímã de geladeira.

FORMIGA DE FOGO. Originalmente trabalhando com microrganismos magnéticos, passamos a estudar também insetos sociais, ou seja, aqueles que vivem em colônias, organizados em castas, exercendo funções diferentes. São exemplos as formigas, as abelhas, os cupins e as vespas. (ver 'Pesquisas abrangem de bactérias a insetos sociais').

Iniciamos, então, o estudo nas *Solenopsis*, popularmente conhecidas como 'lava-pés' ou 'formi-

ga de fogo'. Isso se deu com base nos seguintes argumentos: a) resultados que demonstravam o efeito do campo magnético sobre o comportamento da formiga *Solenopsis invicta* na busca de alimentos; b) a ampla distribuição dessa espécie; e c) a diversidade de formigas existentes no Brasil.

Obtivemos resultados indicando a presença de material magnético em várias de suas subespécies, coletadas de Fernando de Noronha ao Rio de Janeiro, incluindo Natal, Salvador e Venda Nova (Espírito Santo).

ESPÉCIES MIGRATÓRIAS. Se encontramos material magnético nas *Solenopsis*, por que não procurá-lo em formigas migratórias? E assim foi feito.

Coletamos *Pachycondyla marginata* uma formiga que, além de migratória, vive na região da anomalia magnética – mais especificamente, em Campinas (SP) – e só se alimenta de cupins vivos de uma única espécie, *Neocapritermes opacus* (figura 3).

Usando basicamente as técnicas avançadas (microscopia eletrônica, ressonância ferromagnética e magnetometria de alta sensibilidade), pudemos detectar, identificar e estudar as propriedades magnéticas do material magnético dessas formigas migratórias.

Estamos obtendo resultados com essas mesmas técnicas em abelhas *Apis* e cupins *Neocapritermes* e buscando relacionar as propriedades do material magnético biomineralizado com suas respectivas organização, estrutura e função em cada inseto de nosso estudo. ■



Da esq. para dir.: Darci M. de Souza Esquivel, Eliane Wajnberg, Marcos André P. O. Guedes, Geraldo Cernicchiaro e Daniel A. Avalos.