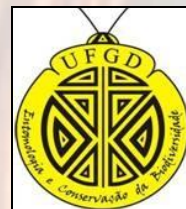




Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais
Programa de Pós Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade



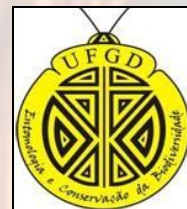
MAGNETORRECEPÇÃO EM VESPÍDEOS SOCIAIS (HYMENOPTERA: VESPIDAE)

Maria da Graça Cardoso Pereira Bomfim

Dourados - MS
Novembro/ 2014



Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais
Programa de Pós Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade



Maria da Graça Cardoso Pereira Bomfim

MAGNETORRECEPÇÃO EM VESPÍDEOS SOCIAIS (HYMENOPTERA: VESPIDAE)

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de DOUTORA EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.

Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Dr. William Fernando Antonialli Junior

Dourados - MS
Novembro/ 2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P436 m	Pereira-Bomfim, Maria da Graça Cardoso. Magnetorrecepção em vespídeos sociais (Hymenoptera: Vespidae). / Maria da Graça Cardoso Pereira Bomfim. – Dourados, MS : UFGD, 2014. 148f. Orientador: Prof. Dr. William Fernando Antonialli Junior. Tese (Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados. 1. campo magnético. 2. Magnetossensibilidade. 3. Vespas. I. Título. CDD – 595.798	C
-----------	---	---

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

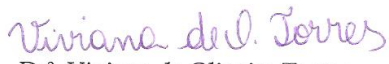
"MAGNETORRECEPÇÃO EM VESPÍDEOS SOCIAIS (HYMENOPTERA, VESPIDAE)"

Por

MARIA DA GRAÇA CARDOSO PEREIRA BOMFIM

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTOR EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação


Prof. Dr. William Fernando Antonialli Junior
Orientador - UEMS


Drª. Viviana de Oliveira Torres
Membro titular - UEMS


Prof. Dr. Valter Vieira Alves Junior
Membro titular - UFGD


Dr. Thiago dos Santos Montagna
Membro titular - UEMS


Prof. Dr. Luis Humberto da Cunha Andrade
Membro titular - UEMS

Aprovada em: 25 de novembro de 2014.

“Trabalhamos sob determinadas suposições. Por exemplo: que o conhecimento seja possível”.

(Nietzsche, Filosofia Geral)

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais, Ademir Claudio Pereira e Marlene Cardoso Pereira, pelo apoio, incentivo e dedicação durante todos os momentos em que precisei.

Aos meus irmãos Dr. Volmir Cardoso Pereira, Graciely Cardoso Pereira e Lucas Ademir Cardoso Pereira, por todo o incentivo e disponibilidade com que me ajudaram.

Ao meu esposo Paulo Henrique Lopes Bomfim, que nunca mediu esforços para me ajudar em cada passo dessa caminhada.

Ao meu orientador Prof. Dr. William Fernando Antonialli Junior que aceitou mais uma vez me orientar, por seus ensinamentos, confiança, dedicação, pelas palavras de incentivo e principalmente pela oportunidade de trabalhar com alguém de tal brilhantismo.

Aos irmãos científicos, em especial Dra. Viviana e Dr. Thiago pelo apoio com artigos e conversas que contribuíram muito para o meu conhecimento.

A todos os colegas de turma pela amizade, especialmente Gabriela Schulz que me acompanha com sua amizade e companheirismo desde o mestrado.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade que contribuíram para a minha formação, em especial ao Dr. Valter Vieira Alves Junior pelas sugestões a redação desta tese.

Ao secretário acadêmico Marcelo, por sua simpatia e disponibilidade para resolver as questões burocráticas.

Ao Dr. Daniel Acosta Avalos, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) do Rio de Janeiro-RJ, pelos ensinamentos, pelos artigos que me forneceu, e pela parceria na redação dos artigos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de doutorado concedida.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Sumário

Resumo Geral	08
Introdução Geral.....	11
Capítulo 1: Magnetorrecepção em Vespas Sociais: uma atualização*	
Resumo.....	32
Abstract.....	33
Introdução.....	34
Himenópteros Sociais e Magnetismo.....	36
Vespas Sociais e Magnetismo.....	40
Considerações Finais.....	43
Capítulo 2: Efeito do Campo Magnético no Ritmo de Forrageamento e Comportamento da Vespa enxameante <i>Polybia paulista</i> Ihering (Hymenoptera: Vespidae)**	
Resumo.....	55
Abstract.....	57
Introdução.....	59
Material e Métodos.....	62
Resultados e Discussão.....	66
Capítulo 3: Alterações no campo magnético local podem afetar a estabilidade de colônias de <i>Polistes versicolor</i> Olivier (Hymenoptera: Vespidae)?***	
Resumo.....	81
Abstract.....	83
Introdução.....	85
Material e Métodos.....	88
Resultados e Discussão.....	91
Capítulo 4: Efeito do campo magnético no comportamento de <i>Polistes versicolor</i> Olivier (Hymenoptera: Vespidae)***	
Resumo.....	104
Abstract.....	106
Introdução.....	108
Material e Métodos.....	111
Resultados e Discussão.....	114
ANEXOS:	
Normas da Revista EntomoBrasilis.....	129
Normas da Revista Sociobiology.....	133
Medidas de campo magnético e imagens.....	137

* Capítulo 1 está formatado de acordo com as normas de EntomoBrasilis.

** Capítulo 2 está aceito, aguardando publicação na Revista Sociobiology.

*** Capítulo 3 e 4 estão formatados de acordo com as normas da Revista Sociobiology.

Resumo Geral

Magnetorrecepção é um mecanismo de orientação ativa que ocorre em animais que possuem sistema nervoso. Assim a influência na biologia de insetos sociais como: abelhas, vespas e cupins têm sido estudada. A tese está estruturada em introdução geral, na qual são apontados aspectos relevantes da biologia e comportamento das vespas sociais, além de considerações sobre o campo magnético e sua interação com os seres vivos, destacando estudos com himenópteros sociais, nesta parte em especial abelhas e formigas. O primeiro capítulo compreende uma revisão com a atualização sobre magnetorrecepção em vespas sociais, objetivando integrar os conhecimentos existentes a fim de construir um panorama elucidativo da atual situação dos estudos, conseqüentemente, fornecer a estrutura conceitual para o desenvolvimento de trabalhos futuros acerca do tema. O segundo capítulo teve por objetivo analisar a sensibilidade magnética da vespa social *Polybia paulista*. De fato, pode-se concluir que suas colônias são sensíveis a alteração do campo magnético, podendo incluir a espécie na lista de modelos animais para o estudo da magnetorrecepção. O estudo revelou que essas vespas respondem ao campo magnético de magnetos permanentes aumentando a frequência de voos de saída dos indivíduos e de formação de agrupamentos na superfície externa dos ninhos; e que respondem também a campos oscilantes, criados por bobinas de Helmholtz, aumentando o número de voos de forrageamento e realizando "vôos de aprendizagem". No terceiro capítulo foi avaliado se o campo magnético alterado poderia modificar, de alguma forma, a estabilidade de colônias de *Polistes versicolor*. E, de acordo com os resultados foi possível concluir que a alteração do campo geomagnético pode gerar uma perturbação significativa na maioria das colônias, que como resposta defensiva podem se agregar no ninho, inclusive provocando o retorno de forrageadoras, ou ainda, gerando um comportamento de fuga. No entanto, não foi possível detectar

qualquer padrão de alteração significativa, na preferência de posicionamento das vespas em qualquer região do ninho, sugerindo que mesmo diante de uma fonte de perturbação os fatores intrínsecos do ninho são determinantes na escolha da localização espacial dos adultos. No quarto e último capítulo, o objetivo foi avaliar o efeito do campo magnético sobre o comportamento da vespa *Polistes versicolor*. Neste sentido, ainda que a análise estatística não tenha detectado diferenças significativas entre os repertórios comportamentais de rainhas e operárias em colônias sob condição de campo magnético natural e campo magnético alterado, foi possível, avaliar que a variação no número de vespas envolvidas nas atividades intra e extranidais foi estatisticamente significativa. O campo magnético alterado pode ainda modificar relações de disputa hierárquica dentro da colônia, já que os atos de dominação foram intensificados entre as operárias e diminuídos entre as rainhas. Sendo notável também a variação na frequência de dar alarme podendo indicar uma interpretação por parte da colônia de perturbação ambiental, e ainda o fato da oviposição ocorrer somente em campo magnético alterado pode representar possível alteração comportamental e até mesmo fisiológica.



INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO GERAL

As Vespas Sociais

Vespas sociais pertencem à ordem Hymenoptera, família Vespidae, que possui seis subfamílias atuais, destacando-se Polistinae que é a única eussocial de ocorrência no Brasil (CARPENTER 1981, CARPENTER 1993, CARPENTER & RASNITSYN 1990).

Polistinae representa o grupo mais diverso dentre as vespas sociais, em termos de riqueza de espécies, com cerca de 950 espécies descritas (CARPENTER & MARQUES 2001), é cosmopolita, embora a maior diversidade de espécies esteja concentrada nos trópicos, especialmente no Novo Mundo (CARPENTER 1991), sendo que dos 26 gêneros deste táxon (CARPENTER & MARQUES 2001, MICHENER 1974, WILSON 1971) 23 ocorrem no Brasil, compreendendo cerca de 300 espécies com representantes das tribos Polistini, Mischocyttarini e Epiponini (CARPENTER 1993).

A organização nos insetos sociais conta com um considerável grau de complexidade das tarefas, com a comunicação e o forrageamento sendo realizados através de habilidades sensoriais diferentes com base nos aspectos: visual, acústico, tátil, informação magnética e/ou química (BILLEN 2006).

Essas vespas além de apresentar organização social complexa desempenham um importante papel na cadeia alimentar, pois grande parte das espécies obtém toda proteína necessária através da captura de outros insetos (SILVA 2007), atuando como predadoras de várias pragas agrícolas (MARQUES 1996) e apesar do pequeno tamanho, são tão numerosas que chegam a compreender um dos maiores grupos de predadores em ecossistemas neotropicais (RAW 1992). Além disso, algumas espécies dos gêneros

Agelaia e *Angiopolybia* são habituais consumidoras de carcaças (GOBBI *et al.* 1984, O'DONNELL 1995, RICHTER 2000).

Elas utilizam presas mastigadas para alimentar suas larvas. As presas mais comuns incluem uma variedade de artrópodes, como lagartas, moscas, formigas aladas, cupins (AKRE 1982), aranhas, abelhas (TURILAZZI 1983), e até mesmo outras vespas sociais (MATSUURA & SAKAGAMI 1973).

As vespas forrageadoras muitas vezes voltam a caçar em locais onde a busca por presa foi bem sucedida anteriormente (SUZUKI 1978) e podem se alimentar várias vezes de uma mesma presa, atuando individualmente como especialista facultativa (RICHTER 1990). As estratégias de caça das vespas podem ser influenciadas por sua organização social, pelo regime de aprovisionamento da ninhada, por fatores ambientais e ainda pela abundância e distribuição de presas (NAKASUHI *et al.* 1976) e predadores (RICHTER 2000).

Uma vespa forrageadora realiza diversas tarefas: primeiro ela precisa localizar uma presa, sabendo diferenciar estas de itens não alimentares; depois capturar a presa, e em seguida consumir ou ainda prepará-la para o transporte de volta ao ninho. Enquanto a vespa processa sua presa precisa protegê-la de outros predadores, e as porções do alimento que não podem ser levadas para o ninho, na primeira viagem, precisam ser organizadas de forma que fiquem menos vulneráveis a furtos (RICHTER & JEANNE 1991).

Quando uma vespa forrageadora deixa uma presa grande que encontrou ou outro local que ela pretende voltar, realiza um voo de orientação. Esses voos de orientação são utilizados como marcos na navegação dos insetos (COLLET 1996) e ajudam a direcionar

o retorno de vespas forrageadoras para os restos de presas grandes que não puderam ser levadas para o ninho em uma única viagem.

Outra fonte alimentar para as vespas sociais são os carboidratos coletados que constituem fonte de energia para adultos e larvas, sendo obtidos de várias fontes naturais e antrópicas e explorados de forma oportunista em qualquer fonte de açúcar disponível (RICHTER 2000). A exploração de carboidratos de fontes naturais pode ocorrer através da coleta de néctar de flores, da absorção de seiva de plantas (SPRADBERY 1973), de líquidos frutais, de secreções açucaradas de insetos que se alimentam de plantas, como pulgões, psílídeos e coccídeos (MOLLER *et al.* 1991). Já a exploração de carboidratos de fontes antrópicas ocorre principalmente da coleta em bebidas doces e alimentos. Portanto, essas vespas podem ser consideradas oportunistas e também generalistas quanto as fontes alimentares (RICHTER 1990).

REFERÊNCIAS

- Akre, R.D. 1982. Social Wasps. In Social Insects, ed. H Hermann, 4:1-105. New York: Academic. 385p.
- Billen, J. 2006. Signal Variety and Communication in Social Insects. Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting, 17: 9-25.
- Carpenter, J.M. 1981. The Philogenetic Relationships and Natural Classification of the Vespoidea (Hymenoptera). Syst. Entomol, 7: 11-38.
- Carpenter, J.M. 1991. Phylogenetic Relationships and the Origin of Social Behavior in the Vespidae. p.7-32. In: Ross, K.G. & Matthews, R.W. (ed.). The Social Biology of Wasps. Ithaca: Cornell University Press. 678p.
- Carpenter, J.M. 1993. Biogeografic Patterns in the Vespidae (Hymenoptera): two Views of Africa and South America. p. 139-155. In: Goldblatt, P. (ed.) Biological relationships between Africa and South America. New Halen: Yale University.
- Carpenter, J.M. & Rasnitsyn, A.P. 1990. Mesozoic Vespidae. Psyche, 97: 1-20.
- Carpenter, J.M. & Marques, O.M. 2001. Contribuição ao Estudo dos Vespídios do Brasil (Insecta, Hymenoptera, Vespoidea, Vespidae) [CD-ROM]. Cruz das Almas – BA, Brasil. Universidade Federal da Bahia, Escola de Agronomia,

Departamento de Fitotecnia / Mestrado em Ciências Agrárias. Série Publicações Digitais, 2.

Collett, T.S. 1996. Insect navigation en route to the goal: multiple strategies for the use of landmarks. J. Exp. Biol., 199: 227–235.

Gobbi, N.; Machado, V.L.L. & Tavares-Filho, J.A. 1984. Sazonalidade das Presas Utilizadas na Alimentação de *Polybia occidentalis occidentalis*. An. Soc. Entomol. Brasil., 13: 63-69.

Marques, O.M. 1996. Vespas Sociais (Hymenoptera, Vespidae): Características e Importância em Agroecossistemas. Insecta, 3: 18 -139.

Matsuura, M. & Sakagami, S. 1973. A bionomic sketch of the Giant Hornet *Vespa mandarinia*, a serious pest for Japanese apiculture. J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. VI (Zool.), 19: 125-162.

Michener, C.D. 1974. The Social Behavior of the Bees: A Comparative Study. Cambridge, Mass. Harvard Univ. 404p.

Moller, H., Tilley, J.A.V, Thomas, B.W. & Gaze, P.D. 1991. Effect of introduced social wasps on the standing crop of honeydew in New Zealand beech forests. NZ J. Zool., 18: 171-79.

- Nakasuji, F., Yamanaka, H. & Kiritani, K. 1976. Predation of larvae of the tobacco cutworm *Spodoptera litura* (Lepidoptera, Noctuidae) by *Polistes* wasps. Kontyû, 44: 205–213.
- O'Donnell, S. 1995. Necrophagy by Neotropical Swarm-Founding Wasps (Hymenoptera: Vespidae, Epiponini). Biotropica, 27: 133-136.
- Raw, A. 1992. The Forest: Savanna Margin and Habitat Selection by Brazilian Social Wasps (Hymenoptera, Vespidae). p. 499-511. In: Furley, P. A.; Ratter, J.A. & Proctor, J. (eds.). The Nature and Dynamics of the Forest-Savanna Boundary. London, Chapman & Hall, 671p.
- Richter, M.R. 1990. Hunting wasp interactions: influence of prey size arrival order, and wasp species. Ecology, 71: 1018-1030.
- Richter, M.R. 2000. Social Wasps (Hymenoptera, Vespidae) Foraging Behavior. Annu. Rev. Entomol., 45: 121-150.
- Richter, R.M. & Jeanne, R.L. 1991. Hunting behavior, prey capture and ant avoidance in the tropical social wasp *Polybia sericea* (Hymenoptera: Vespidae). Insectes Sociaux, 38: 139–147.
- Silva, S.S. 2007. Vespas Sociais da Floresta Nacional de Caxiuanã, Melgaço, Pará. Descrição da Fauna numa Grade de 25km² e Comparação entre Protocolos de

Amostragem (Hymenoptera, Vespidae). Dissertação de Mestrado. Belém. Pará. 102p.

Spradbery, J.P. 1973. Wasps. An Account of the Biology and Natural History of Solitary and Social Wasps. Seattle: Univ. Wash. Press. 408p.

Suzuki, T. 1978. Area, efficiency and time of foraging in *Polistes chinensis antennalis* Pérez (Hymenoptera, Vespidae). Jpn. J. Ecol., 28: 179-89.

Turillazzi, S. 1983. Extranidal behavior of *Parischnogaster nigricans serrei* (DuBuysson) (Hymenoptera, Stenogastrinae). Z. Tierpsychol., 63: 27-36.

Wilson, E.O. 1971. The insect societies. Cambridge, Belknap Press, 548p.

Campo Magnético e Magnetorrecepção

Campo magnético é a região do espaço na qual atuam forças magnéticas. O campo geomagnético, ou campo magnético da Terra, é bastante complexo, variável no tempo e no espaço apresentando uma orientação predominantemente na direção aproximada da linha Norte-Sul geográfica. E de acordo com sua localização em latitude, suas linhas orientam-se para cima ou para baixo. Os eixos do dipolo estariam inclinados aproximadamente de $11,5^\circ$ em relação ao eixo de rotação da Terra (CHAPMAN & BARTELS 1940). Pela teoria do dínamo terrestre ou geodínamo, esse campo magnético se dá por conta do movimento do núcleo líquido do planeta, constituído de ferro e níquel, que geraria um campo elétrico no interior do planeta, que por sua vez origina o campo magnético terrestre.

O campo geomagnético é um componente abiótico com o qual os seres vivos interagem permanentemente e tem estado presente desde muito antes do surgimento da vida no planeta. A interação complexa, com uma dinâmica temporal não repetitiva, tem levado os seres vivos a tomarem diferentes caminhos evolutivos (ACOSTA-AVALOS *et al.* 2000). A percepção de sinais do meio por microrganismos e animais mais derivados levou ao desenvolvimento de diferentes mecanismos ao longo do tempo, que são responsáveis pela sobrevivência das espécies, como a orientação e a navegação, contribuindo para o processo de seleção natural (SKILES 1985).

Os efeitos que os campos magnéticos podem produzir sobre os organismos vivos são em geral tratados pela magnetobiologia (CARNEIRO *et al.* 2000) enquanto o biomagnetismo trata dos campos magnéticos gerados pelo próprio organismo vivo

(atividade de despolarização celular) ou por marcadores magnéticos presentes no mesmo como substâncias paramagnéticas ou ferromagnéticas (ARAÚJO *et al.* 1999).

Já a magnetorrecepção é a capacidade sensorial para perceber os sinais magnéticos, transduzir e transferi-los pelo sistema nervoso até o cérebro, onde ocorre o processamento e a interpretação das informações (WAINBERG *et al.* 2010). Do ponto de vista neurobiológico, existem poucos estudos eletrofisiológicos de estruturas cerebrais específicas que estão relacionadas com o processamento de informação magnética, como em moluscos (CAIN *et al.* 2005) e aves (BEASON 2005).

Os objetivos de investigação da magnetorrecepção deve incluir a avaliação da capacidade de detectar sinais magnéticos por um animal, a localização e a caracterização da estrutura sensorial envolvida, a medição da atividade neuronal no tecido sensorial e a compreensão do processamento neuronal da informação para a tomada de decisões comportamentais (WAINBERG *et al.* 2010).

Dessa forma, o campo geomagnético constitui uma das fontes de informação direcional mais uniforme e acessível que os animais podem utilizar em suas migrações. Já foi demonstrada sensibilidade ao campo geomagnético em espécies de tartarugas marinhas, aves, peixes, mamíferos, anfíbios, insetos, moluscos e crustáceos. E experiências comportamentais demonstraram que os animais podem utilizar o campo geomagnético, como um sinal para a orientação espacial (WILTSCHKO & WILTSCHKO 2005).

BLAKEMORE (1975) em seu trabalho com a bactéria aquática *Aquaspirillum magnetotacticum* comprovou que o campo geomagnético é capaz de produzir efeitos em sistemas biológicos, já que essas bactérias respondiam diretamente a este comando magnético, nadando na direção das linhas de força do campo geomagnético constituindo

a primeira evidencia inequívoca de que o campo magnético pode influir diretamente no comportamento de um ser vivo.

Trabalhos como os de BLAKEMORE (1975), LINS DE BARROS & ESQUIVEL (2000) e SIMMONS *et al.* (2004), evidenciam o papel do magnetismo terrestre sobre o comportamento e ecologia de organismos marinhos, como bactérias planctônicas flageladas e outras bactérias com propriedades magnéticas. Esses autores destacam ainda que o campo magnético pode influenciar outros seres vivos, sendo muito importante sua inclusão em estudos nos campos da taxonomia, ecologia, evolução, bioquímica celular, microbiologia, e muitas outras.

Embora muitos efeitos do campo magnético sobre o comportamento dos seres vivos sejam reconhecidos, os diferentes mecanismos que cada espécie utiliza para perceber esse campo são ainda pouco compreendidos (LINS DE BARROS & ESQUIVEL 2000). Além disso o modo eficiente de direção que os insetos eussociais têm faz com que seja um grupo particularmente interessante para estudos com orientação magnética, devido ao grande número de indivíduos em suas colônias, o que permite muitas observações em um curto período de tempo (WAINBERG *et al.* 2010).

Em relação a esse grupo foram encontradas partículas de magnetita (Fe_3O_4) em abdômen de abelhas e antenas de cupins. Estas partículas foram observadas por microscopia eletrônica, na base de pelos pretos e duros da região antero-dorsal do abdômen da abelha *Apis mellifera*, e através de estudos de ressonância paramagnética eletrônica também foram reveladas em abdômen da formiga *Pachycondyla marginata* em pequenos aglomerados de nanopartículas magnéticas (ACOSTA-AVALOS 2000), e acredita-se que cristais de magnetita possam estar envolvidos na magnetorrecepção e no senso de polaridade ou de inclinação do campo gravitacional terrestre.

Com relação à sensibilidade ao campo geomagnético, dentre os insetos sociais a abelha *Apis mellifera* é a mais estudada. E apesar das inúmeras evidências de que elas se orientam por este campo, não se sabe ao certo quais os mecanismos de recepção capazes de detectá-lo e como é feita a transmissão de informações ao seu sistema nervoso (ACOSTA-AVALOS *et al.* 2000).

Os efeitos do campo magnético são conhecidos por ter influência na orientação espacial dessas abelhas (LINDAUER 1976, MARTIN & LINDAUER 1977, MARTIN *et al.* 1983, KORALL & MARTIN 1987, KORALL *et al.* 1988).

A ocorrência generalizada da magnetossensibilidade de bactérias magnetotáticas a animais indica origens antigas para a magnetorrecepção. O que pode indicar que esse processo de percepção teve um significado adaptativo, já que as organizações sociais complexas, incluindo castas e tarefas diferenciadas, de cupins, formigas e algumas abelhas e vespas se originou durante o período Cretáceo (HÖLLDOBLER & WILSON 1990).

Uma das primeiras evidências de que, de alguma forma, a influência do campo geomagnético poderia ser sentida por essas abelhas se deu pelos estudos de LINDAUER & MARTIN (1968), que observaram manifestações comportamentais influenciadas pelo campo magnético. Estes autores observaram que os aparentes erros na execução de “waggle dance” variavam conforme a direção do campo magnético terrestre; e que poderia haver desorientação em dança anômala, realizada em dias de verão ao longo dos oito pontos cardeais magnéticos, com o campo geomagnético anulado; analisaram também que quando um enxame deixa a colmeia original, as abelhas operárias constroem novos favos na mesma direção magnética anterior, e ainda que

aparentemente os ritmos circadianos das abelhas poderiam se dar pelas variações na intensidade e direção do campo magnético terrestre.

A motilidade das abelhas pode ser influenciada por interrupção periódica de campo magnético (HEPWORTH *et al.* 1980) sendo a atividade de voo relacionada com campos magnéticos estáticos não homogêneos (MARTIN *et al.* 1983).

MARTIN *et al.* (1989) analisaram em *A. mellifera* que campos magnéticos artificiais podem influenciar processos fisiológicos. Eles relataram que em campo magnético não homogêneo houve redução na atividade de voo e aumento da longevidade dos indivíduos em mais de 60%, e que apesar da maior idade cronológica o conteúdo de lipofuscina das células do cérebro era ligeiramente reduzido nessas abelhas com relação às abelhas em condições de campo magnético natural.

Foi analisado também para *A. mellifera* dois diferentes tamanhos de partículas de magnetita no abdômen o que tem levado a modelos para o mecanismo de sua orientação e para a compreensão da complexa dança feita quando elas voltam à colmeia em busca de ajuda para o transporte do alimento encontrado (WILTSCHKO & WILTSCHKO 1995).

SCHIFF & CANAL (1993) analisaram nos pelos abdominais de *A. mellifera* partículas de magnetita que estariam envolvidas na detecção e amplificação de gradientes do campo magnético externo. Outros estudos também têm indicado a presença de óxidos de ferro biomineralizado no corpo dessas abelhas (GOULD *et al.* 1978; KUTERBACH & WALCOTT 1986 e HSU & LI 1994).

Abelhas podem ainda serem treinadas para fazerem associação entre fonte de alimento e a presença e direção de campos magnéticos locais (COLLET & BARON 1994; FRIER *et al.* 1996; WALKER & BITTERMAN 1985).

Em estudos com formigas KERMARREC (1981) analisou os efeitos magneto-cinéticos em *Acromyrmex octospinosus*, demonstrando a sensibilidade destas formigas a campos magnetostáticos com intensidade mínima de 6 Oe. O autor observou que as formigas se afastaram das regiões de campo magnético artificial intenso dentro do ninho.

Apesar da influência do campo magnético na orientação dos insetos ROSENGREN & FORTELIUS 1986, em estudos com *Formica rufa* e JANDER & JANDER 1998 com *Oecophylla smaragdina* verificaram que o campo magnético não é predominante frente a outros estímulos como luz e feromônios.

ANDERSON & VANDER MEER (1993) observaram diferenças no tempo de formação de trilha na busca de alimentos em *Solenopsis invicta*, onde foram comparadas duas situações: campos de mesmo sentido e campos de sentidos opostos, antes e depois de colocar o alimento.

Já ÇAMLITEPE & STRADLING (1995) com *Formica rufa*, demonstraram que, quando outros estímulos estão ausentes, o campo geomagnético é utilizado para a orientação. LEAL & OLIVEIRA (1995) mostraram que *Pachycondyla marginata* poderia utilizar a informação do campo geomagnético na escolha da direção de migração, com migrações preferenciais para a direção Norte.

Na busca por materiais magnéticos no corpo de formigas SLOWICK & THORVILSON (1996), pesquisaram a distribuição de ferro no corpo de *Solenopsis invicta*, e encontraram depósitos no olho e no abdômen, bem perto da cutícula, mas não conseguiram demonstrar se o ferro encontrado fazia parte de algum óxido magnético.

SLOWICK *et al.* (1997) por imagens de ressonância magnética em *Solenopsis invicta*, concluíram que essas formigas têm um magnetismo interno próprio, mas não

definiram de qual região do corpo se origina o campo magnético. ESQUIVEL *et al.* (1999) utilizando ressonância paramagnética eletrônica, também detectaram nanopartículas de magnetita em *Solenopsis* sp.

REFERÊNCIAS

- Acosta-Avalos, D., E. Wajnberg, D.M.S. Esquivel & L.J. El-Jaick, 2000. Insetos sociais: um exemplo de magnetismo animal. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 22: 317-323.
- Anderson, J.B. & Vander der Meer, R.K. 1993. Magnetic orientation in fire ant, *Solenopsis invicta*. *Naturwissenschaften*, 80: 568-570.
- Araújo, D.B., Carneiro, A.A.O., Moraes, E.R. & Baffa, O. 1999. Biomagnetismo - Nova Interface entre a Física e a Biologia. *Revista Ciência Hoje*, 26: 74-88.
- Beason, C. 2005. Mechanisms of magnetic orientation in birds. *Integrative and Comparative Biology*, 45: 565-573.
- Blackemore, R.P. 1975. Magnetotactic bacteria. *Science*, 19: 377-379.
- Cain, S.D., Boles, L.C., Wang, J.H. & Lohmann, K.J. 2005. Magnetic orientation and navigation in marine turtles, lobsters and molluscs: concepts and conundrums. *Integrative and Comparative Biology*, 45: 539-546.
- Çamlitepe, Y. & Stradling, D.J. 1995. Wood ants orient to magnetic fields. *Proceedings of the Royal Society of London*, 261: 37-41.

Carneiro, A.A.O., Ferreira, A., Moraes, E.R. Araújo, D.B., Sosa, M. & Baffa, O. 2000.

Biomagnetismo: Aspectos instrumentais e aplicações. Revista Brasileira de Ensino de Física, 22: 324-328.

Chapman, S. & Bartels, J. 1940. Geomagnetism, vol 2, University Press, Oxford, 1049p.

Collett, T.S. & Baron, J. 1994. Biological compasses and the coordinate frame of landmark memories in honeybees. Nature, 368: 137-140.

Esquivel, D.M.S., Acosta-Avalos, D., El-Jaick, L.J., Cunha, A.D.M., Malheiros, M.G., Wajnberg, E. & Linhares, M.P. 1999. Evidence for magnetic material in the fire ant *Solenopsis* sp. By Electron Paramagnetic Resonance measurements. Naturwissenschaften, 86: 30-32.

Frier, H.J., Edwards, E., Smith, C., Neale, S. & Collet, T.S. 1996. Magnetic compass cues and visual pattern learning in honeybees. Journal of Experimental Biology, 199: 1353-1361.

Gould, J.L., Kirschvink, J.L. & Deffeyes, K.S. 1978. Bees have magnetic remanence. Science, 201: 1026-1028.

Hepworth, D., Pickard, R.S. & Overshott, K.J. 1980. Effects of the periodically intermittent application of a constant magnetic field on the mobility in darkness of

worker bees. *Journal of Apicultural Research*, 19: 179-186.

Hölldobler, B. & Wilson, E.O. 1990. *The ants*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University.

Hsu, C.Y. & Li, C.W. 1994. Magnetoreception in honeybees. *Science*, 265: 95-96.

Jander, R. & Jander, U. 1998. The light and magnetic compass of the weaver ant, *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae). *Ethology*, 104: 743-758.

Kermarrec, A. 1981. Sensibilité à un champ magnétique artificiel et réaction d'évitement chez *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Formicidae, Attini). *Insectes Sociaux*, 28: 40-46.

Korall, H. & Martin, H. 1987. Responses of bristle field sensilla in *Apis mellifica* to geomagnetic and astrophysical fields. *Journal of Comparative Physiology A*, 161:1-22.

Korall H., Leucht, T. & Martin, H. 1988. Bursts of magnetic fields induce jumps of misdirection in bees by a mechanism of magnetic resonance. *Journal of Comparative Physiology A*, 162: 279-284.

Kuterbach, D.A. & Walcott, B. 1986. Iron containing cells in the honeybee (*Apis*

mellifera). I. Adult morphology and physiology. Journal of Experimental Biology, 126: 375-387.

Leal, I. & Oliveira, P.S. 1995. Behavioral ecology of the Neotropical termite-hunting ant *Pachycondyla* (= *Termitopone*) *marginata*: colony founding, group-raiding and migratory patterns. Behavioral Ecology and Sociobiology, 37: 373-383.

Lindauer, M. 1976. Orientierung der Tiere. Verb Dtsch Zool Ges, 69: 156-183.

Lindauer, M. & Martin, H. 1968. Die Schwereorientierung der Biene unter dem Einfluss des Erdmagnetfelds. Zeitschrift fur Vergleichende Physiologie, 60: 219-243.

Lins de Barros, H.G.P.L. & Esquivel, D.M.S. 2000. Interação do Campo Magnético da Terra com os Seres Vivos: História da sua Descoberta. Revista Brasileira de Ensino de Física, 22: 312-316.

Martin, H. & Lindauer, M. 1977. Der Einfluß des Erdmagnetfeldes auf die Schwereorientierung der Honigbiene (*Apis mellifica*). Journal of Comparative Physiology A, 122: 145-187.

Martin H, Lindauer, M. & Martin, U. 1983. Zeitsinn und Aktivitätsrhythmus der Honigbiene - endogen oder exogen gesteuert? Sitzungsber Bayer Akad Wissensch, Math-Naturwiss K1 1983: 1-41.

- Martin, H., Korall, H. & Forster, B. 1989. Magnetic field effects on activity and ageing in honeybees. *Journal of Comparative Physiology A*, 164: 423-431.
- Rosengren, R. & Fortelius, W. 1986. Ortstreue in foraging ants of the *Formica rufa* group. Hierarchy of orienting cues and long-term memory. *Insectes Sociaux*, 33: 306-337.
- Simmons, S.L., Sievert, S.M., Frankel, R.B., Bazylnski, D.A. & Edwards, K.J. 2004. Spatiotemporal Distribution of Marine Magnetotactic Bacteria in a Seasonally Stratified Coastal Salt Pond. *Applied and Environment Microbiology*, 70: 6230-6239.
- Schiff, H. & Canal, G. 1993. The magnetic and electric fields induced by superparamagnetic magnetite in honeybees. *Biological Cybernetics*, 69: 7-17.
- Skiles, D.D., 1985. The geomagnetic field: its nature, history and biological relevance. p. 43-102. *In*: Kirschvink, J.L., D.S. Jones & B.J. MacFadden, (Eds.). *Magnetite Biomineralization and Magnetoreception in Organisms. A new biomagnetism*. New York, Plenum Press, 682p.
- Slowick, T.J. & Thorvilson, H.G. 1996. Localization of subcuticular iron-containing tissue in the red imported fire ant. *Southwestern Entomologist*, 21: 247-253.
- Slowick, T.J., Green, B.L. & Thorvilson, H.G. 1997. Detection of magnetism in the red

imported fire ant (*Solenopsis invicta*) using magnetic resonance imaging. Bioelectromagnetics 18: 396-399.

Wajnberg, E., Acosta-Avalos, D., Alves, O.C., Oliveira, J.F., Srygley, R.B. & Esquivel, D.M.S. 2010. Magnetoreception in eusocial insects: an update. Journal of the Royal Society Interface, 7: 207-226.

Walker, M.M. & Bitterman, M.E. 1985. Conditioned responding to magnetic field by honeybees. Journal of Comparative Physiology A, 157: 67-71.

Wiltschko, W. & Wiltschko, R. 1995. Magnetic Orientation in Animals. Berlin, Springer-Verlag, 297p.

Wiltschko, W. & Wiltschko, R.J. 2005. Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. Journal of Comparative Physiology A, 191: 675-693.



CAPÍTULO I

Magnetorrecepção em Vespas Sociais: uma atualização

Magnetorrecepção em Vespas Sociais: uma atualização

Maria da Graça Cardoso Pereira-Bomfim¹; William Fernando Antonialli-Junior^{1,2} &

Daniel Acosta-Avalos³

Resumo: Magnetorrecepção é um mecanismo de orientação ativa que ocorre em animais que possuem sistema nervoso. Insetos sociais como: abelhas, formigas, vespas e cupins têm sido estudados sobre a influência que o campo magnético exerce em sua biologia. As vespas sociais compreendem espécies representadas em Stenogastrinae, Vespinae e Polistinae, no entanto estudos sobre a influência do campo magnético em vespídeos abordam somente Vespinae. Os aspectos estudados englobam a biomineralização de material magnético e aspectos comportamentais frente a mudanças de intensidade local do campo geomagnético. Assim, o objetivo desta revisão é integrar o conhecimento acerca da magnetorrecepção em vespas sociais a fim de construir um panorama elucidativo da atual situação dos estudos, consequentemente, fornecer a estrutura conceitual para o desenvolvimento de trabalhos futuros acerca do tema.

Palavras-Chave: Campo Magnético; Hymenoptera; Magnetossensibilidade; Vespidae.

¹ Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados. Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Caixa Postal 241, 79.804-970, Dourados-MS, Brasil. airambio@yahoo.com.br; williamantonialli@yahoo.com.br

² Laboratório de Ecologia, Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Caixa Postal 351, 79.804-970, Dourados-MS, Brasil.

³ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF. Rua Xavier Sigauld, 150, Urca, 22.290-180, Rio de Janeiro-RJ, Brasil. dacosta00@gmail.com

Magnetoreception in Social Wasps: an update

Maria da Graça Cardoso Pereira-Bomfim³; William Fernando Antonialli-Junior^{1,4} &

Daniel Acosta-Avalos³

Abstract: Magnetoreception is a mechanism of active orientation that occurs in animals with nervous systems. Social insects such as bees, ants, wasps and termites have been studied on the influence of the magnetic field exerts on its biology. The social wasps comprise species represented in Stenogastrinae, Vespinae and Polistinae, however studies on the influence of magnetic field on wasps Vespinae address only. The areas studied include the biomineralization of magnetic material and behavioral aspects related to changes in local intensity of the geomagnetic field. The objective of this review is to integrate knowledge of social wasps' magnetoreception in order to build an instructive overview of the current situation of studies, therefore, provide the conceptual framework for the development of future work on the topic.

Keywords: Hymenoptera; Magnetic Field; Magnetosensibility; Vespidae

¹ Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados. Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Caixa Postal 241, 79.804-970, Dourados-MS, Brazil. airambio@yahoo.com.br; williamantonialli@yahoo.com.br

² Laboratório de Ecologia, Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Caixa Postal 351, 79.804-970, Dourados-MS, Brazil.

³ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF. Rua Xavier Sigauld, 150, Urca, 22.290-180, Rio de Janeiro-RJ, Brazil. dacosta00@gmail.com

Vespas podem ser separadas, de acordo com o nível de sociabilidade, em dois grupos: espécies solitárias (Euparagiinae, Masarinae e Eumeninae) e espécies sociais (Stenogastrinae, Vespinae e Polistinae) (CARPENTER 1982). Polistinae é a única subfamília de vespas sociais que ocorre no Brasil, com registro de mais de 300 espécies, distribuídas em 22 gêneros nas tribos Epiponini, Mischocttarini e Polistini (CARPENTER & MARQUES 2001).

O campo geomagnético é um componente abiótico com o qual os seres vivos interagem permanentemente e tem estado presente desde muito antes do surgimento da vida na Terra. A interação complexa, com uma dinâmica temporal não repetitiva, tem levado os seres vivos a tomarem diferentes caminhos evolutivos (ACOSTA-AVALOS *et al.* 2000).

A percepção de sinais do meio por microrganismos e animais levou ao desenvolvimento de diferentes mecanismos de orientação ao longo do tempo, que são responsáveis pela sobrevivência das espécies, como a navegação, contribuindo para o processo de seleção natural (SKILES 1985).

Magnetorrecepção é um mecanismo de orientação ativa que ocorre em animais que possuem sistema nervoso, e envolve a detecção do campo geomagnético por um mecanismo sensorial acoplado a sistemas celulares, como mecanorreceptores, que realizam a transdução deste sinal para o cérebro. Visando explicar esse mecanismo existem basicamente três hipóteses ou modelos específicos (SCHIFF 1991; SHCHERBAKOV & WINKLHOFFER 1999; LOHMANN & JOHNSEN 2000).

Uma das hipóteses se baseia na lei de Faraday de Indução Magnética, onde se supõe que o organismo detecta uma diferença de potencial elétrico gerado em órgãos especializados, como a Ampolla de Lorenzini nos peixes, resultante de seu movimento através do campo geomagnético. Outra hipótese é a Detecção Magnética Dependente de

Luz ou Mecanismo de Pares Radicais, que está baseada no fato de que várias reações químicas podem mudar sua cinética na presença de campos magnéticos. Atualmente se assume que as moléculas de criptocromos estariam envolvidas na sensibilidade ao campo geomagnético, pois após absorver luz as reações químicas associadas nesta molécula variam dependendo da orientação relativa do eixo de simetria molecular com a direção do campo geomagnético (WILTSCHKO & WILTSCHKO 2006).

E ainda a hipótese Ferromagnética, que é baseada na presença de partículas magnéticas como sensores de campo. Ela é sustentada pela descoberta de magnetita em várias espécies de animais desde insetos (GOULD *et al.* 1980; ESQUIVEL *et al.* 1999, WAJNBERG *et al.* 2010) até seres humanos (KIRSCHVINK *et al.* 1992), sendo essa hipótese uma das mais aceitas devido às evidências acumuladas.

As primeiras hipóteses sobre a influência do campo magnético em seres vivos e os mecanismos de orientação magnética começaram a ser estudados a partir da década de 50 (BROWN *et al.* 1959; BROWN *et al.* 1960; BECKER 1965; LINDAUER & MARTIN 1968).

Os trabalhos de BLAKEMORE (1975) e BELLINI (2009) com bactérias aquáticas demonstraram que o campo geomagnético é capaz de produzir efeitos em sistemas biológicos, verificando que as bactérias magnetostáticas respondiam diretamente a estímulos magnéticos, nadando na direção das linhas de força do campo geomagnético constituindo a primeira evidência de que o campo magnético pode influenciar diretamente no comportamento de um ser vivo.

Sendo assim, o objetivo da presente revisão é integrar o conhecimento acerca da magnetorrecepção em vespas sociais a fim de construir um panorama elucidativo da atual situação dos estudos, conseqüentemente, fornecer a estrutura conceitual para o desenvolvimento de trabalhos futuros acerca do tema.

Himenópteros Sociais e Magnetismo

Com relação à sensibilidade ao campo geomagnético, dentre os insetos sociais a abelha *Apis mellifera* L. é a mais estudada. E apesar das inúmeras evidências de que elas se orientam por este campo, não se sabe ao certo quais os mecanismos de recepção capazes de detectá-lo e como é feita a transmissão de informações ao seu sistema nervoso (ACOSTA-AVALOS *et al.* 2000, WAJNBERG *et al.* 2010, VALKOVA & VACHA 2012).

Uma das primeiras evidências de que, de alguma forma, a influência do campo geomagnético poderia ser sentida por essas abelhas se deu pelos estudos de LINDAUER & MARTIN (1968) que observaram manifestações comportamentais influenciadas pelo campo magnético. Eles verificaram que os erros na informação transmitida durante a execução da “waggle dance” variavam conforme a direção e intensidade do campo magnético terrestre; e verificaram também que quando um enxame deixa a colmeia original, as abelhas operárias constroem novos favos na mesma direção magnética anterior e ainda que aparentemente os ritmos circadianos das abelhas poderiam se dar pelas variações na intensidade e direção do campo magnético terrestre (TOWNE & GOULD 1985).

Os efeitos do campo magnético são conhecidos por ter influência na orientação espacial e temporal dessas abelhas (MARTIN & LINDAUER 1977; MARTIN *et al.* 1989; KORALL *et al.* 1988). E a motilidade das abelhas pode ser influenciada por interrupção periódica do campo magnético estático (HEPWORTH *et al.* 1980), sendo a atividade de voo relacionada com campos magnéticos estáticos não homogêneos (MARTIN *et al.* 1989).

MARTIN *et al.* (1989) verificaram que campos magnéticos artificiais podem influenciar processos fisiológicos nas abelhas. Eles relataram que em campo magnético estático não homogêneo houve redução na atividade de voo e aumento do tempo de vida dos indivíduos em mais de 60%, e que apesar da maior idade cronológica o conteúdo de lipofuscina das células do cérebro era ligeiramente reduzido nessas abelhas com relação às abelhas em condições de campo magnético natural.

Em *A. mellifera* foram encontradas nanopartículas magnéticas, com diâmetros na faixa de 30 a 35 nm, estimadas a partir de medidas de magnetização induzida, que foram assumidas como envolvidas na detecção de campos magnéticos devido a sua estabilidade (GOULD *et al.* 1980). SCHIFF (1991) encontrou, no segundo gânglio abdominal dessas abelhas, material eletrodenso, identificado como partícula de magnetita monodomínio e superparamagnética.

Partículas superparamagnéticas de magnetita apresentam momento magnético suficiente para detectar pequenas variações no campo geomagnético, podendo transmitir esta informação ao sistema nervoso por meio de receptores mecânicos secundários. Os agregados destas partículas magnéticas revestidas por uma membrana biológica (vesículas de ferro) foram propostos como um possível magnetorreceptor em animais. Neste modelo o campo geomagnético causa uma deformação na forma da vesícula de ferro, tal que a medida da pressão osmótica fora das vesículas de ferro daria uma medida indireta da variação deste campo (SHCHERBAKOV & WINKLHOFFER 1999).

Foram ainda verificados nesta espécie dois diferentes tamanhos de partículas de magnetita no abdômen o que tem levado a modelos para o mecanismo de sua orientação e para a compreensão da complexa dança feita quando elas voltam à colmeia em busca de ajuda para o transporte do alimento encontrado (WILTSCHKO & WILTSCHKO 1995).

SCHIFF & CANAL (1993) detectaram nos pelos abdominais de *A. mellifera* partículas de magnetita que estariam envolvidas na detecção e amplificação de gradientes do campo magnético externo. Outros estudos também têm indicado a presença de óxidos de ferro biomineralizado no corpo dessas abelhas (GOULD *et al.* 1978; KUTERBACH & WALCOTT 1986 e HSU & LI 1994).

Essas abelhas podem ser treinadas para fazerem associação entre fonte de alimento e a presença e direção de campos magnéticos locais (WALKER & BITTERMAN 1985; FRIER *et al.* 1996).

Também em formigas a influência do campo magnético foi detectada por ANDERSON & VANDER DER MEER (1993) que observaram diferenças no tempo de formação da trilha na busca de alimento em *Solenopsis invicta* Buren. Recentemente foi mostrado que este tipo de formiga muda sua direção de orientação quando o campo geomagnético muda (SANDOVAL *et al.* 2012).

Para a formiga migratória *Pachycondyla marginata* Roger, LEAL & OLIVEIRA (1995) e ACOSTA-AVALOS *et al.* (2001) mostraram que as rotas de migração se dão preferencialmente na direção Norte, mostrando a possibilidade do uso da informação do campo geomagnético na escolha da direção de migração.

Uma resposta tipo bússola foi mostrada na orientação de *Formica rufa* L. (ÇAMLITEPE & STRADLING 1995) e de *Oecophylla smaragdina* Fabricius (JANDER & JANDER 1998). Na ausência de luz, formigas *Atta colombica* Guérin-Méneville respondem à reversão do campo magnético (BANKS & SRYGLEY 2003). WAJNBERG *et al.* 2010 fazem uma revisão sobre experimentos recentes com formigas.

O principal modelo usado para entender a magnetorrecepção em insetos é a hipótese ferromagnética, o que implica que devem existir nanopartículas magnéticas no corpo do inseto. As técnicas usuais para detectar estas partículas são de magnetometria

na física. E duas se destacam: a ressonância ferromagnética e magnetometria SQUID (WAJNBERG *et al.* 2010).

Presença de material magnético, provavelmente magnetita, foi demonstrada por aplicação da técnica de ressonância ferromagnética em formigas *Solenopsis* sp. (ESQUIVEL *et al.* 1999), e em abdomens amassados de formiga migratória *P. marginata* (WAJNBERG *et al.* 2000), em abelhas *A. mellifera* (EL-JAICK *et al.* 2001) e no cupim *Neocapritermes opacus* Hagen (ALVES *et al.* 2004).

Materiais magnéticos foram encontrados em diferentes partes do corpo de insetos sociais. As curvas de histerese a 300K, obtidas com magnetometria SQUID, de formigas *P. marginata* (WAJNBERG *et al.* 2004) indicaram que a maior contribuição na magnetização de saturação vem da antena, assim como também nas abelhas sem ferrão, *Schwarziana quadripunctata* Lepeletier (LUCANO *et al.* 2006). Em resultados de ressonância ferromagnética foi observado maior quantidade de material magnético nas cabeças com antenas do que em abdomens com pecíolos da formiga *Solenopsis substituta* Santschi (ABRAÇADO *et al.* 2005).

Embora muitos efeitos no comportamento dos seres vivos sejam reconhecidos, os diferentes mecanismos que cada espécie utiliza para perceber campos magnéticos são ainda pouco compreendidos (LINS DE BARROS & ESQUIVEL 2000).

Vespas Sociais e Magnetismo

Apesar das vespas sociais compreenderem representantes em Stenogastrinae, Vespinae e Polistinae (CARPENTER 1982), os estudos sobre a influência do campo magnético em vespídeos até o momento englobam apenas Vespinae.

Um dos primeiros estudos com vespas sociais foi o de KISLIUK & ISHAY (1977) que para testarem a influência de campo magnético adicional em campo geomagnético, na arquitetura de ninhos de *Vespa orientalis* L., mantiveram operárias em caixas de criação artificial em grupos de 5 a 15 indivíduos e observaram que um campo magnético horizontal adicional é letal para vespas adultas e larvas, sendo que juvenis seriam capazes de se adaptarem a esse campo magnético adicional. Observaram ainda que elas constroem favos iniciando em regiões de alta intensidade do campo e, prosseguem a construção na direção da diminuição da intensidade, evidenciando a magnetossensibilidade da espécie.

As células hexagonais de criação de imaturos dentro do favo em ninhos de *V. orientalis* são uniformes em sua arquitetura e orientação. STOKROOS *et al.* (2001) descobriram que cada uma dessas células contém um pequeno cristal, colado com a saliva da vespa, que se projeta para baixo a partir do centro do teto abobadado da célula e que esse cristal opaco, redondo, de cerca de 100 µm de diâmetro, é composto de polidomínios, e tem uma composição típica do mineral magnético ilmenita (FeTiO₃). Esses cristais formam uma rede que pode ajudar as vespas a avaliar a simetria, o equilíbrio das células e a direção da gravidade, enquanto estão construindo o favo. Não se sabe ainda o que as vespas percebem da ilmenita, pois além de ser um material magnético ele também reflete luz infravermelha. Estas duas propriedades fazem deste material uma ótima fonte de informação para orientação espacial (ISHAY *et al.* 2008).

Essas vespas possivelmente recolhem os cristais do ambiente local, mas não é descartada a biomineralização, pois o titânio e o ferro estão presentes em seus corpos (STOKROOS *et al.* 2001).

Em *Vespa affinis* Fabricius a remanência magnética foi detectada no abdômen (HSU 2002). Este fenômeno sugere que materiais magnéticos estão presentes no corpo dessas vespas. No entanto, se a biomineralização ocorria em vespas era uma questão em aberto.

Posteriormente, essa questão foi respondida por HSU (2004) que por meio de microscopia eletrônica de transmissão e espectroscopia de emissão atômica constatou a deposição de ferro intracelular em *V. affinis*, e que a deposição teria início no 2º dia após a eclosão. O autor também observou que vesículas contendo grânulos de ferro seriam distribuídas aleatoriamente dentro do citoplasma de trofócitos, abaixo da cutícula das vespas. Os grânulos de ferro são formados por agregação de partículas densas minúsculas e depositados em vesículas de ferro, de dupla membrana, que parecem derivar do retículo endoplasmático. Esses grânulos se ampliam continuamente pela agregação de partículas densas minúsculas até o 5º dia após a eclosão. Em seguida, grânulos e vesículas se fundem e se ampliam. A existência de uma área turva abaixo da membrana interna da vesícula desempenha um papel importante na formação de pequenas partículas densas. A análise da composição elementar indicou que os grânulos eram compostos principalmente de ferro, fósforo e menores quantidades de cálcio.

Assim, a deposição de ferro intracelular foi demonstrada em mamangabas (WALCOTT 1985), posteriormente em células de abelhas de mel (KUTERBACH *et al.* 1986; HSU & LI 1994) e em vespas pela primeira vez por HSU (2004).

A construção dos favos em Vespinae é sempre na direção da força gravitacional da Terra, e no teto de cada célula, pelo menos uma pequena pedra magnética é

incorporada e fixada por saliva. Assim ISHAY *et al.* (2008) tentaram identificar e caracterizar essas pedras que existem no teto e nas paredes dos favos de *V. orientalis*, para isto foi utilizado bioferrografia para isolar partículas magnéticas em lâminas. As lâminas, bem como as células originais, foram analisadas no microscópio eletrônico de varredura ambiental por uma variedade de técnicas analíticas.

Esses autores verificaram que tanto o telhado quanto as paredes de cada célula do favo continham minerais, como ferritas, bem como titânio e zircônio. Os dois últimos elementos eram menos abundante no solo em torno do ninho e são conhecidos por refletirem luz infravermelha. Imagens em infravermelho mostraram um centro termorregulador no tórax dorsal dos adultos. No entanto, ainda não se sabe se esses insetos podem sentir a luz infravermelha.

Considerações Finais

Comparando as vespas sociais com os demais insetos sociais como: abelhas, formigas e cupins ainda há um vasto campo de estudos a serem realizados para que se possa compreender melhor a influência que o campo geomagnético e campos magnéticos artificiais podem exercer sobre o comportamento desses insetos.

Na literatura os modelos animais mais usados para o estudo da magnetorrecepção são peixes e pássaros (WILTSCHKO & WILTSCHKO 2006). Nestes animais tem sido demonstrada a existência de magnetorrecepção com partículas magnéticas e dependentes de luz. Contudo trabalhos com insetos sociais tem demonstrado sua potencialidade como modelo animal, sendo a maior parte dos estudos realizados com *A. mellifera*, porém nenhum é conclusivo (VALKOVA & VACHA 2012), e ainda faltam estudos para mostrar o tipo de magnetorrecepção (dependente ou independente de luz) destes insetos.

As formigas formam o segundo grupo mais estudado, no entanto, em todos os casos, ainda não é consenso a localização do magnetorreceptor e a sua natureza (WAJNBERG *et al.* 2010), apesar de evidências apontarem que nas formigas o magnetorreceptor possa ser na cabeça, especialmente nas antenas, e que seria independente de luz (WAJNBERG *et al.* 2010). Assim, é de se esperar que nas abelhas e nas vespas o mesmo aconteça, e que não seja no abdômen como tem sido discutido.

Uma recomendação para estudos futuros em vespas é a procura por partículas magnéticas na cabeça e nas antenas e a análise dos efeitos de luz monocromática combinada com campos magnéticos. Uma ênfase especial deve ser dada ao fato de que insetos voadores devem se comportar da mesma forma que pássaros, apresentando tanto magnetorreceptores dependentes como independentes de luz.

E atenção deve ser dada a vespas sociais neotropicais Polistinae devido à ausência de estudos envolvendo magnetorrecepção nestes insetos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES pela bolsa de doutorado da primeira autora e ao CNPq pelo suporte financeiro aos dois últimos autores.

REFERÊNCIAS

- Abraçado, L.G., D.M.S. Esquivel, O.C. Alves & E. Wajnberg, 2005. Magnetic material in head, thorax and abdomen of *Solenopsis substituta* Ants: a Ferromagnetic Resonance (FMR) Study. *Journal of Magnetic Resonance*, 175: 306-316.
- Acosta-Avalos, D., E. Wajnberg, D.M.S. Esquivel & L.J. El-Jaick, 2000. Insetos sociais: um exemplo de magnetismo animal. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 22: 317-323.
- Acosta-Avalos, D., D.M.S. Esquivel, E. Wajnberg, H.G.P. Lins de Barros, P.S. Oliveira & I. Leal, 2001. Seasonal patterns in the orientation system of the migratory ant *Pachycondyla marginata*. *Naturwissenschaften*, 88: 343-346.
- Alves, O.C., E. Wajnberg, J.F. Oliveira & D.M.S. Esquivel, 2004. Magnetic material arrangement in oriented termites: a magnetic resonance study. *Journal of Magnetic Resonance*, 168: 246-251.
- Anderson, J.B. & R.K. Vander der Meer, 1993. Magnetic orientation in fire ant, *Solenopsis invicta*. *Naturwissenschaften*, 80: 568-570.
- Banks, A.N. & R.B. Srygley, 2003. Orientation by magnetic field in leaf-cutter ants, *Atta colombica* (Hymenoptera: Formicidae). *Ethology*, 109: 835-846.
- Becker, G., 1965. Zur magnetfeld-orientierung von dipteren. *Zeitschrift für*

vergleichende physiologie, 51: 135-150.

Bellini S. 2009. On a unique behavior of freshwater bacteria. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 27: 3-5.

Blackemore, R.P., 1975. Magnetotactic bacteria. Science, 19: 377-379.

Brown, F.A., H.M. Webb, M.F. Bennett & F.H. Barnwell, 1959. A diurnal rhythm in response of the Snail *Lymnaea*, to imposed magnetic fields. The Biological Bulletin, 117: 405-406.

Brown, F.A., N.J. Brett, M.F. Bennett & F.H. Barnwell, 1960. Magnetic response of an organism and its solar relationships. The Biological Bulletin, 118: 367-381.

Çamlitepe, Y. & D.J. Stradling, 1995. Wood ants orient to magnetic fields. Proceedings of the Royal Society of London, 261: 37-41.

Carpenter, J.M, 1982. The phylogenetic relationships and natural classification of the Vespoidea (Hymenoptera). Systematic Entomology, 7: 11-38.

Carpenter, J.M. & O.M. Marques, 2001. Contribuição ao estudo dos vespídeos do Brasil (Insecta, Hymenoptera, Vespoidea, Vespidae) [CD-ROM]. Cruz das Almas – BA, Brasil. Universidade Federal da Bahia, Escola de Agronomia, Departamento de Fitotecnia / Mestrado em Ciências Agrárias. Série Publicações Digitais, 2.

El-Jaick, L.J., D. Acosta-Avalos, D.M.S. Esquivel, E. Wajnberg & M.P. Linhares, 2001.

Electron paramagnetic resonance study of Honeybee *Apis mellifera* abdomens.

European Biophysics Journal, 29: 579-586.

Esquivel, D.M.S., D. Acosta-Avalos, L.J. El-Jaick, A.D.M. Cunha, M.G. Malheiros, E.

Wajnberg & M.P. Linhares, 1999. Evidence for magnetic material in the fire ant

Solenopsis sp. By Electron Paramagnetic Resonance measurements.

Naturwissenschaften, 86: 30-32.

Frier, H.J., E. Edwards, C. Smith, S. Neale & T.S. Collet, 1996. Magnetic compass cues

and visual pattern learning in honeybees. The Journal of Experimental Biology

199: 1353-1361.

Gould, J.L., Kirschvink & K.S. Deffeyes, 1978. Bees have magnetic remanence.

Science, 201: 1026-1028.

Gould, J.L., J.L. Kirschvink, K.S. Deffeyes & M.L. Brines, 1980. Orientation of

demagnetized bees. Journal of Experimental Biology, 86:1-8.

Hepworth, D., R.S. Pickard & K.J. Overshott, 1980. Effects of the periodically

intermittent application of a constant magnetic field on the mobility in darkness of

worker bees. Journal of Apicultural Research, 19: 179-186.

Hsu, C.Y., 2002. Magnetic remanence in common hornet (*Vespa affinis*). Journal of

Minghsin Institute of Technology, 28: 181-186.

Hsu, C.Y., 2004. The process of iron deposition in the common hornet (*Vespa affinis*).
Biology of the Cell, 96: 529-537.

Hsu, C.Y. & C.W. Li, 1994. Magnetoreception in honeybees. Science, 265: 95-96.

Ishay, J.S., Z. Barkay, N. Eliaz, M. Plotkin, S. Volynchik & D.J. Bergman, 2008.
Gravity orientation in social wasp comb cells (Vespinae) and the possible role of
embedded minerals. Naturwissenschaften, 95: 333-342.

Jander, R. & U. Jander, 1998. The light and magnetic compass of the weaver ant,
Oecophylla smaragdina (Hymenoptera: Formicidae). Ethology, 104: 743-758.

Kirschvink, J.L., A.K. Kirschvink & B. Woodford, 1992. Magnetite biomineralization
in the human brain. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 26:
7683-7687.

Kisliuk, M. & J. Ishay, 1977. Influence of an additional magnetic field on hornet nest
architecture. Experientia, 33: 885-887.

Korall, H., T. Leucht & H. Martin, 1988. Bursts of magnetic fields induce jumps of
misdirection in bees by a mechanism of magnetic resonance. Journal of
Comparative Physiology A, 162: 279-284.

Kuterbach, D.A. & B. Walcott, 1986. Iron containing cells in the honeybee (*Apis*

mellifera). I. Adult morphology and physiology. Journal of Experimental Biology, 126: 375-387.

Leal, I. & P.S. Oliveira, 1995. Behavioral ecology of the Neotropical termite-hunting ant *Pachycondyla* (= Termitopone) *marginata*: colony founding, group-raiding and migratory patterns. Behavioral Ecology and Sociobiology, 37: 373-383.

Lindauer, M. & H. Martin, 1968, Die Schwereorientierung der Biene unter dem Einfluss des Erdmagnetfelds. Zeitschrift für vergleichende Physiologie, 60: 219-243.

Lins de Barros, H.G.P.L. & D.M.S. Esquivel, 2000. Interação do campo magnético da Terra com os seres vivos: História da sua descoberta. Revista Brasileira de Ensino de Física, 22: 312-316.

Lohmann, K.J. & S. Johnsen, 2000. The neurobiology of magnetoreception in vertebrate animals. Tins - Trends in Neurosciences, 23: 153-159.

Lucano, M.J., G. Cernicchiaro, E. Wajnberg & D.M.S. Esquivel, 2006. Stingless bee antennae: a magnetic sensory organ? BioMetals, 19: 295-300.

Martin, H. & M. Lindauer, 1977. Der Einfluß des erdmagnetfeldes auf die schwereorientierung der Honigbiene (*Apis mellifica*). Journal of Comparative Physiology A, 122: 145-187.

Martin, H., H. Korall & B. Forster, 1989. Magnetic field effects on activity and ageing

in honeybees. *Journal of Comparative Physiology A*, 164: 423-431.

Sandoval, E.L., E. Wajnberg, D.M.S. Esquivel, H. Lins de Barros & D. Acosta-Avalos, 2012, Magnetic orientation in *Solenopsis* sp. ants. *Journal of Insect Behavior*, 25: 612-619.

Schiff, H., 1991. Modulation of spike frequencies by varying the ambient magnetic field and magnetite candidates in bees (*Apis mellifera*). *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 4: 975-985.

Schiff, H. & Canal, G. 1993. The magnetic and electric fields induced by superparamagnetic magnetite in honeybees. *Biological Cybernetics*, 69: 7–17.

Shcherbakov, V.P. & M. Winklhofer, 1999. The osmotic magnetometer: a new model for magnetite-based magnetoreceptors in animals. *European Biophysics Journal*, 28: 380-392.

Skiles, D.D., 1985. The geomagnetic field: its nature, history and biological relevance. p. 43-102. *In*: Kirschvink, J.L., D.S. Jones & B.J. MacFadden, (Eds.). *Magnetite Biomineralization and Magnetoreception in Organisms. A new biomagnetism*. New York, Plenum Press, 682p.

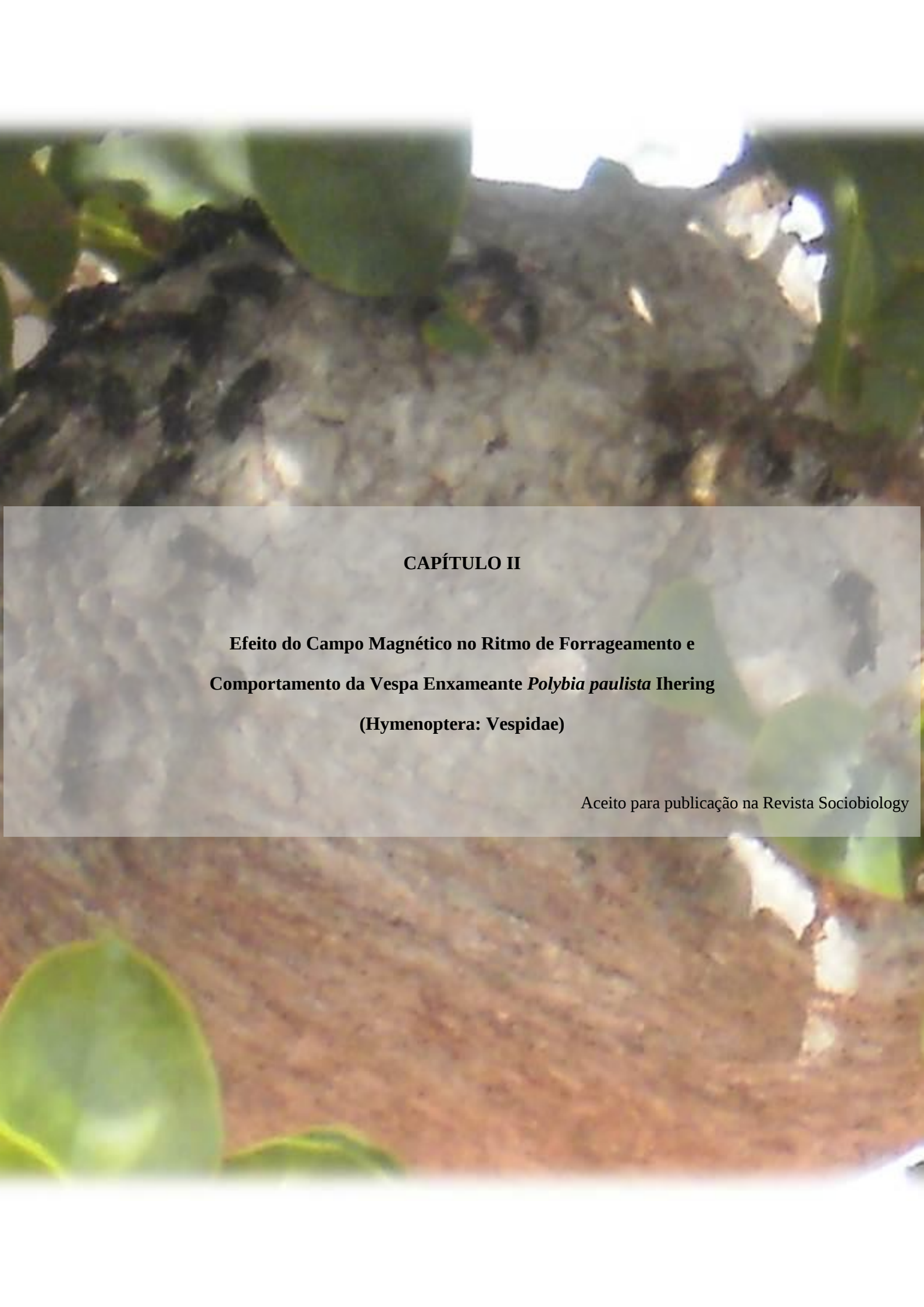
Stokroos, I., L. Litinetsky, J.J.L. Van der Want & J.S. Ishay, 2001. Keystone-like crystals in cells of hornet combs. *Nature*, 411: 654.

- Towne, W.F. & J.L. Gould, 1985. Magnetic field sensitivity in honeybees. *In*: Magnetite Biomineralization and Magnetoreception in Organisms. A new biomagnetism. Kirschvink J. L., Jones, D.S. & MacFadden B. J. Editores. Plenum Press – New York and London. Pp: 385-406.
- Valkova, T. & M. Vacha, 2012. How do honeybees use their magnetic compass? Can they see the North? *Bulletin of Entomological Research*, 102: 461-467.
- Wajnberg, E., D. Acosta-Avalos, L.J. El-Jaick, L.G. Abraçado, J.L.A. Coelho, A.F. Bakusis, P.C. Morais & D.M.S. Esquivel, 2000. Electron Paramagnetic Resonance Study of the Migratory Ant *Pachycondyla marginata* abdomens. *Biophysical Journal*, 78: 1018-1023.
- Wajnberg, E., G. Cernicchiaro & D.M.S. Esquivel, 2004. Antennae: the strongest magnetic part of the migratory ant. *BioMetals*, 17: 467-470.
- Wajnberg, E., D. Acosta-Avalos, O.C. Alves, J.F. de Oliveira, R.B. Srygley & D.M.S. Esquivel, 2010. Magnetoreception in eusocial insects: an update. *Journal of the Royal Society Interface*, 7: S207-S226.
- Walcott, B., 1985. The cellular localization of particulate iron. p. 417-438. *In*: Kirschvink, J.L., D.S. Jones & B.J. MacFadden (Eds.). Magnetite biomineralization and magnetoreception in organisms: A new biomagnetism. New York, Plenum Press. 682p.

Walker, M.M. & M.E. Bitterman, 1985. Conditioned responding to magnetic fields by honeybees. *Journal of Comparative Physiology A*, 157: 67-71.

Wiltschko, W. & R. Wiltschko, 1995. *Magnetic Orientation in Animals*. Berlin, Springer-Verlag, 297p.

Wiltschko, W. & R. Wiltschko, 2006. Magnetoreception. *BioEssays*, 28: 157-168.



CAPÍTULO II

Efeito do Campo Magnético no Ritmo de Forrageamento e Comportamento da Vespa Enxameante *Polybia paulista* Ihering (Hymenoptera: Vespidae)

Aceito para publicação na Revista Sociobiology

**EFEITO DO CAMPO MAGNÉTICO NO RITMO DE FORRAGEAMENTO E
COMPORTAMENTO DA VESPA ENXAMEANTE *Polybia paulista* IHERING
(HYMENOPTERA: VESPIDAE)**

por

Maria da Graça Cardoso Pereira-Bomfim¹; William Fernando Antonialli-Junior^{1,2}&

Daniel Acosta-Avalos³

RESUMO

O campo magnético pode ser utilizado pelos insetos para navegação e orientação, por meio de diferentes mecanismos de magnetorrecepção. A sensibilidade magnética é bem documentada em abelhas, formigas e cupins, mas poucos estudos examinaram esta capacidade em vespas sociais. Dessa forma, o presente estudo analisou a sensibilidade magnética da vespa social *Polybia paulista*. Os comportamentos das vespas foram analisados em campo geomagnético natural e na presença de campos magnéticos externos gerados por magnetos permanentes ou por bobinas de Helmholtz. A frequência de vôos de forrageamento foi medida em ambas as condições, assim como foi analisado o comportamento dos indivíduos na superfície do ninho. O campo magnético do magneto produziu um aumento na frequência de voos de saída dos indivíduos, ocorrendo ainda agrupamentos das vespas na superfície do ninho em frente ao magneto. O campo eletromagnético criado por bobinas de Helmholtz também aumentou os voos

¹ Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados. Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Caixa Postal 241, 79.804-970, Dourados-MS, Brasil. airambio@yahoo.com.br; williamantonialli@yahoo.com.br

² Laboratório de Ecologia, Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Caixa Postal 351, 79.804-970, Dourados-MS, Brasil.

³ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF. Rua Xavier Sigauld, 150, Urca, 22.290-180, Rio de Janeiro-RJ, Brasil. dacosta00@gmail.com

de forrageamento, contudo os indivíduos não mostraram o comportamento de agrupamento. O campo eletromagnético induziu as operárias a realizar "vôos de aprendizagem". Portanto, estes resultados mostram pela primeira vez que vespas *Polybia paulista* são sensíveis a campos magnéticos, incluindo-a na lista de modelos animais para o estudo da magnetorrecepção e sensibilidade magnética.

Palavras-chave: vespa social; forrageamento; homing; Polistinae; Epiponini

**EFFECT OF MAGNETIC FIELD ON THE FORAGING RHYTHM AND
BEHAVIOR OF THE SWARM-FOUNDING PAPER WASP *Polybia paulista*
IHERING (HYMENOPTERA: VESPIDAE)**

by

Maria da Graça Cardoso Pereira-Bomfim³; William Fernando Antonialli-Junior^{1,4}&

Daniel Acosta-Avalos³

ABSTRACT

The geomagnetic field can be used by insects for navigation and orientation, through different magnetoreception mechanisms. Magnetic sensitivity is very well documented in honeybees, ants and termites, but few studies have examined this capability in social wasps. The present study analyzed the magnetic sensitivity of the paper wasp *Polybia paulista*. The wasps' behavior was analyzed in the normal geomagnetic field and in the presence of external magnetic fields generated by permanent magnets or by Helmholtz coils. The frequency of foraging flights was measured in both conditions, and also the behavior of the individuals on the nest surface was analyzed. The magnetic field from the permanent magnet produced an increase in the frequency of departing foraging flights, and also the wasps grouped together on the nest surface in front of the magnet. The electromagnetic field created by the Helmholtz coils also increased foraging flights, but individuals did not show grouping behavior. This Helmholtz electromagnetic field

³ Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados. Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Caixa Postal 241, 79.804-970, Dourados-MS, Brazil. airambio@yahoo.com.br; williamantonialli@yahoo.com.br

⁴ Laboratório de Ecologia, Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Caixa Postal 351, 79.804-970, Dourados-MS, Brazil.

³ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF. Rua Xavier Sigauld, 150, Urca, 22.290-180, Rio de Janeiro-RJ, Brazil. dacosta00@gmail.com

induced wasp workers to perform “learning flights”. These results show for the first time that *Polybia paulista* wasps are sensitive to magnetic fields, including it in the list of animal models to study magnetoreception and magnetic sensitivity.

Keywords: Social wasp; foraging; homing; Polistinae; Epiponini

INTRODUÇÃO

A habilidade de forragear e retornar ao ninho constitui aspecto fundamental na vida dos insetos sociais, pois esta atividade de busca de recursos consiste na coleta de alimentos e/ou materiais para construção de seus ninhos (Spradbery 1973). Além disto, para que o retorno ao ninho seja bem sucedido, deve haver a recepção e percepção de sinais do ambiente. Essa percepção do meio pelos animais levou ao desenvolvimento de diferentes mecanismos que são responsáveis pela sobrevivência das espécies, como os mecanismos de orientação e navegação (Mourisen 2001). Assim para que deslocamentos sejam efetuados com sucesso, os seres vivos utilizam sentidos como: visão, olfato e audição, ou ainda, sentidos extras, como aqueles que permitem a detecção de campos elétricos, campos gravitacionais e campos magnéticos (Wickelgren 1996; Mouritsen 2001).

O campo magnético da Terra fornece aos animais informação direcional e posicional, mesmo na escuridão e muitos animais detectam e usam o campo geomagnético para sua orientação e navegação (Wiltschko & Wiltschko 2006). No caso dos insetos, os sociais são os mais estudados a esse respeito, sendo as abelhas *Apis mellifera* altamente sensíveis a campos magnéticos (Walker & Bitterman 1989; Kirschvink *et al.* 1997).

Existem dois modelos aceitos para explicar a magnetorrecepção: a hipótese Ferromagnética e o Mecanismo Par Radical. A hipótese Ferromagnética assume que nanopartículas magnéticas intracelulares são responsáveis pela transdução de campos magnéticos em sinais biológicos através da detecção de torques magnéticos em mecanorreceptores celulares (Walker 2008). O Mecanismo Par Radical ou Magnetorrecepção Dependente de Luz assume que as reações químicas associadas com a

absorção de luz podem ser modificadas pela presença de campos magnéticos (Ritz *et al.* 2010). No caso dos insetos sociais, somente a hipótese Ferromagnética tem sido explorada, mas o Mecanismo Par Radical não pode ser descartado. Material magnético biomineralizado foi encontrado em abelhas (Desoil *et al.* 2005) e formigas (Acosta-Avalos *et al.* 1999; Esquivel *et al.* 1999; Slowick & Thorvilson 1996; Slowick *et al.* 1997), dando suporte à hipótese ferromagnética. Além disso, o material magnético pode ser ainda depositado em células dos ninhos em Vespinae como comprovado por Stokroos *et al.* (2001).

Vários estudos demonstraram a existência de sensibilidade magnética em abelhas (Frier *et al.* 1996; Lindauer & Martin 1972; Wiltschko & Wiltschko 1995), e formigas (Acosta-Avalos *et al.* 2001; Anderson & Vander Meer 1993; Banks & Srygley 2003; Çamlitepe & Stradling 1995; Çamlitepe *et al.* 2005; Jander & Jander 1998; Kermarrec 1981; Klotz *et al.* 1997; Riveros & Srygley 2008; Rosengren & Fortelius 1986; Sandoval *et al.* 2012).

São conhecidos apenas estudos de sensibilidade magnética em vespas sociais (Vespidae) da subfamília Vespinae (Kisliuk & Ishay 1977; 1979). Sabe-se que a construção dos favos em *Vespa orientalis* é modificada quando o campo magnético local é aumentado em mais de 60 vezes, as vespas constroem os favos do ninho com células irregulares, iniciando em região de alta intensidade e continuando a construção no sentido da diminuição da intensidade do campo. Esta intensidade de campo foi letal para adultos e larvas (Kisliuk & Ishay 1977). Em uma experiência diferente, os mesmos autores demonstraram que a componente vertical do campo magnético terrestre local, influenciou a orientação de edificação dos ninhos das vespas (Kisliuk & Ishay 1979). Estes estudos forneceram provas de que vespas sociais são sensíveis às mudanças no campo magnético.

O presente estudo investigou, pela primeira vez, a sensibilidade magnética de vespas sociais da subfamília Polistinae. Testando a sensibilidade na vespa enxameante *Polybia paulista*, através da análise do efeito de campos magnéticos externos no forrageamento e comportamento de agrupamento das vespas.

MATERIAL E MÉTODOS

Dezoito colônias de *Polybia paulista* (Ihering 1896) foram utilizadas para os experimentos, sendo que nove foram utilizadas nos experimentos magnetobiológicos e nove usadas como controle. As colônias estavam nidificadas no município de Batayporã, estado de Mato Grosso do Sul, Brasil (22°17'96"S; 53°15'77"W) e foram observadas durante o período de março de 2012 a janeiro de 2014. Os parâmetros de campo geomagnético para esta região são: inclinação -29.3°, declinação -17.4°, intensidade horizontal $H = 0.19$ Oe, componente vertical $Z = -0.11$ Oe e intensidade total $F = 0.22$ Oe (1 Oe = 100 μ T/ Oe é a sigla de Oersted).

Para avaliar possíveis mudanças no ritmo de forrageio e no comportamento da colônia foram observadas as frequências de retorno e de saída, bem como as respostas comportamentais das operárias localizadas na superfície externa do ninho.

Para garantir a homogeneização das condições das diferentes colônias, todas foram observadas em estágio de pós-emergência (Jeane 1972), quando há um maior número de indivíduos envolvidos na atividade forrageadora. Ainda, para garantir uma maior amostragem, durante cada sessão as observações foram realizadas em horários de maior atividade das vespas compreendido entre 9:00 às 15:00 horas (Andrade & Prezoto 2001; Elisei *et al.* 2005; Elpino-Campos *et al.* 2007; Lima & Prezoto 2003).

O ritmo de forrageio foi avaliado pela observação da frequência de voos de saída e de voos de retorno dos indivíduos do ninho. E o comportamento dos indivíduos foi observado *in situ*, em uma amostra para cada colônia, dividida em dois períodos pré-determinados com intervalos regulares de 15 minutos cada sessão. A primeira sessão (período A) corresponde à colônia, na presença do campo geomagnético, sem qualquer alteração do campo magnético. A segunda sessão (Período B) corresponde à colônia na

presença do campo geomagnético normal mais o campo magnético adicional (CMA). Foram amostrados os comportamentos das vespas presentes na superfície externa dos ninhos, e observados se elas poderiam executar agrupamentos e "voos de aprendizagem" ("*ad libitum*" sensu Altmann 1974). Foram utilizados intervalos de tempo de 15 minutos em cada sessão, visando minimizar os efeitos das mudanças em outros fatores abióticos que poderiam ter influenciado os resultados.

O campo geomagnético local foi alterado de duas formas diferentes: em quatro das colônias utilizadas nos experimentos, o campo magnético foi alterado utilizando magnetos permanentes, fixos no lado Oeste a 10 cm de distância dos ninhos, suspensos por uma haste. A intensidade total foi de 5.2 Oe, sendo o maior valor de 13.9 Oe e o menor de 1.5 Oe.

A componente com maior valor ocorreu na direção Leste-Oeste, sendo os valores mais altos mais próximos do magneto, com valor médio de 5.1 ± 2.9 Oe. A componente na direção Norte-Sul mostrou um caráter dipolar, sendo negativa no lado Norte e positiva no lado Sul (maior valor de ± 4.6 Oe e menor valor de ± 0.3 Oe, valor médio de 0.07 ± 1.5 Oe). A componente vertical teve seus valores entre -2.0 Oe e +0.1 Oe (valor médio de 0.34 ± 0.56 Oe). A inclinação média foi de $-1.6^\circ \pm 4.4^\circ$. O magneto gerou um campo magnético estático forte, na região do ninho assim como um gradiente na direção Leste-Oeste (0.9 Oe/cm).

Nas outras cinco colônias para a alteração do campo magnético natural foi utilizada bobinas de Helmholtz, conforme modelo adaptado de Gonçalves *et al.* (2009). O aparato utilizado consistiu em um par de bobinas de Helmholtz com 30 cm de diâmetro, orientadas na direção Leste-Oeste; cada bobina consistiu em 46 espiras de fio de cobre de 15 AWG (secção transversal de 1.5 mm^2) envernizadas e sobrepostas, de forma a ocupar uma extensão de 2 cm. O par de bobinas foi alimentado por uma fonte

elétrica digital, que forneceu uma corrente de 1.16 A e uma voltagem constante de 15V, gerando um campo magnético quase uniforme entre as bobinas (intensidade total 5.4 Oe). A mesma uniformidade foi observada na direção Oeste-Leste (valor médio de 5.2 ± 0.8 Oe), na direção Norte-Sul (valor médio de 1.0 ± 0.9 Oe) e ainda na componente vertical (valor médio de 0.7 ± 0.9 Oe). A inclinação média foi de $-6.9^\circ \pm 4.4^\circ$.

Cada bobina foi posicionada a 2 cm da borda do ninho (Fig. 1), e as bordas do ninho estavam a 5.5 cm a partir do meio do ninho. No centro do ninho as médias do campo magnético das bobinas e do magneto permanente foram semelhantes, mas no caso das bobinas não houve um gradiente magnético. O campo magnético foi monitorado utilizando um magnetômetro de eixo único (GlobalMag, modelo TLMP-Hall-050).

Para verificar apenas o efeito do CMA e para excluir o efeito de objetos físicos que se aproximavam das colônias, observações controle foram feitas em nove outras colônias. Quatro delas foram estudadas utilizando um magneto falso, que consistiu em um objeto plástico semelhante em cor, forma e tamanho ao magneto permanente. O magneto falso foi posicionado de forma semelhante ao magneto permanente e observada as respostas das vespas, durante duas sessões de 15 minutos, sessão 1 antes do magneto falso ser posicionado em frente à colônia, e sessão 2 com o magneto falso na frente da colônia. As experiências controle nas outras cinco colônias foram realizadas com o par de bobinas posicionadas como descrito anteriormente, mas neste caso, a fonte de energia elétrica digital permaneceu desligada, e duas sessões de 15 minutos, foram conduzidas como descrito acima.

Para detectar possíveis diferenças entre as categorias, as amostras foram agrupadas e comparadas pelo teste de Mann-Whitney, com nível de significância de 5%.

Foram comparadas as frequências dos voos de saída e dos voos de retorno, avaliados nos experimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A frequência total dos voos de saída das quatro colônias com o magneto permanente foi 193 indivíduos durante a sessão de A e 235 durante a sessão de B. No experimento controle, a frequência de voos de saída foi de 84 na sessão 1 e 105 na sessão 2. A comparação entre os resultados experimentais permite a conclusão de que o aumento da intensidade do campo magnético local pode ter estimulado a atividade forrageadora da colônia (Fig. 2). No mesmo grupo de quatro colônias experimentais, a frequência de voos de retorno foi 233 na sessão A e 228 na sessão B.

Durante a sessão B, operárias formaram agrupamentos sobre a superfície externa do ninho (Fig. 3). Elas orientaram suas cabeças e antenas apontando para a fonte de perturbação. Kudô *et al.* (2003) observaram que as vespas respondem a qualquer potencial fonte de ameaça se agrupando do lado de fora do ninho, orientando suas cabeças e antenas em direção à fonte de perturbação.

É possível que o comportamento de agrupamento seja uma estratégia defensiva, podendo indicar que a intensidade do campo magnético utilizado nestas experiências foi interpretada como uma fonte de ameaça. Durante a sessão B as vespas permaneceram imóveis ou moviam apenas as antenas e/ou o primeiro par de pernas, e ainda andavam aleatoriamente sobre a superfície do ninho. O comportamento de agrupamento não foi observado nas experiências controle. Portanto, o comportamento pode ser interpretado como resultado do aumento do campo magnético local.

Para as cinco colônias testadas com as bobinas de Helmholtz, a frequência de voos de saída foi de 80 indivíduos na sessão A e 108 na sessão B. A frequência de voos de retorno foi de 93 indivíduos na sessão A e 125 na sessão B. Nos experimentos com as cinco colônias controle, a frequência de voos de saída foi de 127 na sessão 1 e 111 na

sessão 2. A frequência nas colônias controle para os voos de retorno foi de 125 na sessão 1 e 134 na sessão 2. Esses resultados mostraram que o campo magnético e elétrico modificado por bobinas de Helmholtz também alterou o comportamento de forrageamento das vespas.

Nestes experimentos, o comportamento de agrupamento descrito no caso dos magnetos permanentes não foi observado, sugerindo que os dois tipos de campos magnéticos podem ser percebidos de formas diferentes.

Os efeitos distintos de campo magnético estático e oscilante, também foram observados por Martin *et al.* (1989), que examinaram suas influências sobre a execução de "waggle dance" em abelhas. Eles descobriram que o ritmo dessa dança foi mais lento em campo oscilante e aumentado em campo magnético estático.

Nesses experimentos, os campos magnéticos e elétricos gerados por bobinas de Helmholtz induziram operárias a realizarem "voos de aprendizagem", como resposta à presença deste campo alterado. Durante os "voos de aprendizagem" as vespas podem adquirir informações e/ou pontos de referência para examinar o local para o qual ela irá retornar (Zeil *et al.* 1996). Durante as experiências, este tipo de voo foi observado apenas durante a sessão B, com um número médio de voos $7,8 \pm 2,6$ (Fig. 4).

Os "voos de aprendizagem" não foram observados nos experimentos controle com as bobinas de Helmholtz desligadas. Este tipo de voo é normalmente realizado por operárias jovens como forma de adquirir informação visual para ser usada durante o forrageamento, e tende a ser menos intenso ao longo do tempo de vida dos himenópteros (Wei & Dyer 2009). De acordo com Wei *et al.* (2002), a realização destes voos por indivíduos mais velhos indica uma resposta à incertezas ou mudanças ambientais.

Este comportamento das operárias pode ser resultado da presença de um campo

elétrico no campo gerado pela bobina de Helmholtz e que não está presente no magneto permanente, uma vez que é conhecido que mamangavas são capazes de detectar o campo elétrico a partir de flores (Clarke *et al.* 2013) e, talvez esta capacidade seja compartilhada por vespas, ou ainda é possível que as vespas não identificaram o campo magnético como uma ameaça e sim tentaram apenas compreender a configuração do campo magnético melhor, a fim de utilizar esta informação no momento em que fossem voltar para o ninho, recalibrando assim sua orientação para a nova configuração magnética local.

Outro comportamento observado foi a desorientação por parte de algumas operárias ao retornaram ao ninho e que não estavam presentes quando o campo eletromagnético foi aplicado. Aparentemente, elas não foram capazes de pousar na superfície do ninho na primeira tentativa. No entanto, o mesmo comportamento foi observado nas experiências controle, mostrando que a presença das bobinas alterou os pontos de referência em todo o ninho, levando a uma desorientação súbita nas vespas que retornam ao ninho após a atividade forrageadora.

Os resultados mostraram que a vespa *Polybia paulista* é sensível à alteração do campo geomagnético local através de fontes externas, como já descrito para outros insetos sociais, incluindo formigas, abelhas e cupins (Wiltschko & Wiltschko 1995).

Os comportamentos modificados relacionados com a presença de campos magnéticos foram: a frequência de forrageamento, a presença de "voos de aprendizagem" e o agrupamento na superfície do ninho.

Uma próxima questão que poderia ser abordada é que mecanismos estão envolvidos na detecção de campos magnéticos. Poderia ser nanopartículas magnéticas, como previsto pela hipótese Ferromagnética? Ou poderia Reações de Pares Radicais

ocorrem em olhos ou em ocelos? Ou talvez outro tipo de detecção do campo magnético poderia ser combinado com a detecção do campo gravitacional?

Recentemente, Valkova & Vacha (2012) discutiram a possibilidade de abelhas usarem ambos os mecanismos para detectar o campo geomagnético. A estimulação de voos de saída por campos magnéticos modificados, como foi observado neste estudo, também é intrigante. As vespas poderiam correlacionar a intensidade do campo magnético com o tempo? Já que existem mudanças na intensidade do campo geomagnético durante o dia (variações diárias), com aumento máximo de 0,1 μT (Skiles 1985).

Kisliuk & Ishay (1977) mostraram que os campos magnéticos de cerca de 60 vezes o campo geomagnético natural são letais para operárias de *Vespa orientalis*. Este estudo utilizou campos magnéticos de 22 vezes o campo geomagnético normal, e não foram letais.

Assim, a sensibilidade magnética ou elétrica foi demonstrada pela primeira vez em *Polybia paulista*, adicionando esta espécie à lista de animais modelo para estudos de magnetorrecepção e eletorrecepção.

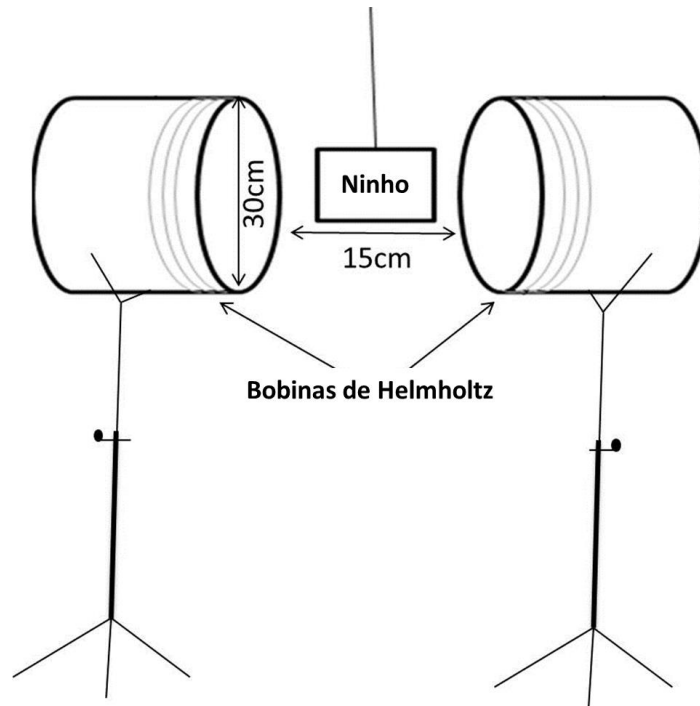


Figura 1: Representação esquemática do aparato de Bobinas de Helmholtz, com suporte regulável de altura, para a geração de campo magnético alterado, próximo aos ninhos da vespa *Polybia paulista*.

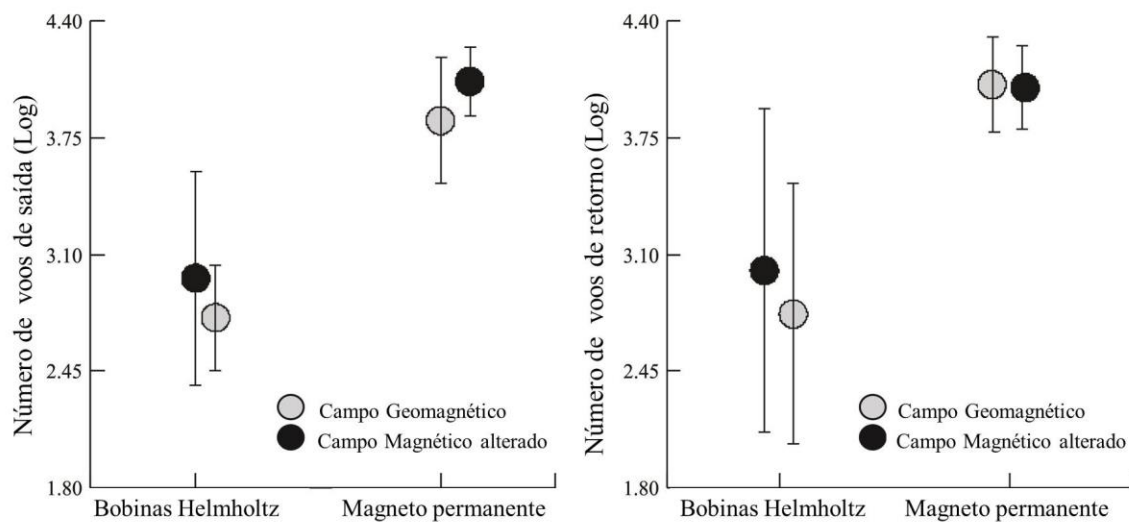


Figura 2: Teste t de Mann-Whitney com o número de voos de saída e número de voos de retorno realizados por operárias das colônias de *Polybia paulista*, durante os experimentos com bobinas de Helmholtz (campo geomagnético $H = 6,00$; $p = 0,014$ e campo magnético alterado $H = 6,06$; $p = 0,014$) e magneto permanente (campo geomagnético $H = 6,00$; $p = 0,014$ e campo magnético alterado $H = 6,21$; $p = 0,013$).

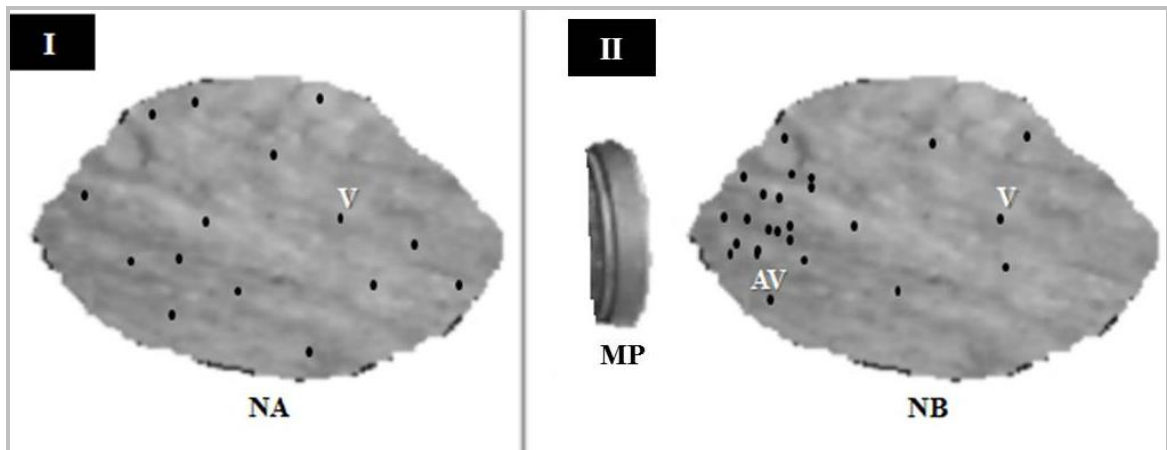


Figura 3: Representação esquemática do comportamento de agrupamento de operárias de *Polybia paulista*, na superfície do ninho em: I- período A, antes da aplicação do campo magnético alterado (CMA) por magneto permanente (MP), II- período B, durante o CMA por magneto permanente. AV - agrupamento de vespas; V – vespa.

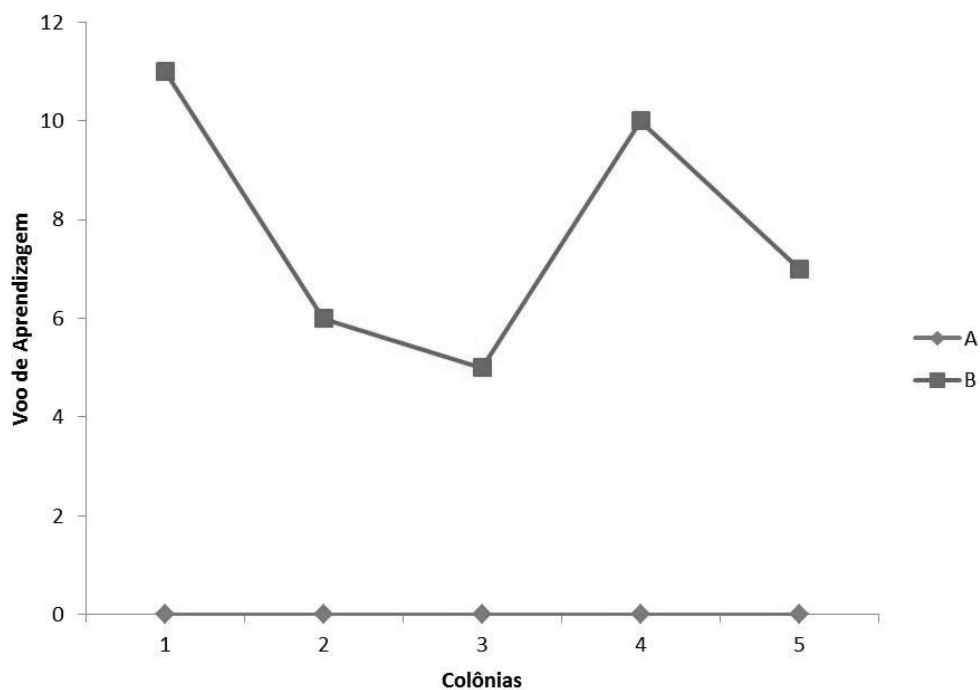


Figure 4: Número de “voos de aprendizagem” executados por operárias de cinco colônias de *Polybia paulista* durante os experimentos com bobinas de Helmholtz: A- campo geomagnético normal e B- com campo magnético alterado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Janet W. Reid (JWR Associates) pela revisão do texto em Inglês e Yzel Rondon Suárez pela assistência na análise estatística. Agradecemos a CAPES pela bolsa de doutorado da primeira autora. WFAJ agradece a bolsa de produtividade do CNPq e DAA agradece o suporte financeiro do CNPq.

REFERÊNCIAS

- Acosta-Avalos, D., Wajnberg, E., Oliveira, P.S., Leal, L.L., Farina, M. & Esquivel, D.M.S. (1999). Isolation of magnetic nanoparticles from *Pachycondyla marginata* ants. *The Journal of Experimental Biology*, 202: 2687-2692.
- Acosta-Avalos, D., Esquivel, D.M.S., Wajnberg, E., Lins de Barros, H., Oliveira, P.S. & Leal, I. (2001). Seasonal patterns in the orientation system of the migratory ants *Pachycondyla marginata*. *Naturwissenschaften*, 88: 343-346.
- Altmann, J. (1974). Observation study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 48: 227-267.
- Anderson, J.B. & Vander Meer, R.K. (1993). Magnetic orientation in the fire ant, *Solenopsis invicta*. *Naturwissenschaften*, 80: 568-570.
- Andrade, F.R. & Prezoto, F. (2001). Horários de atividade forrageadora e material coletado por *Polistes ferreri* Saussure, 1853 (Hymenoptera, Vespidae), nas diferentes fases de seu ciclo biológico. *Revista Brasileira de Zoociências*, 3: 117-128.
- Banks, A.N. & Srygley, R.B. (2003). Orientation by magnetic fields in leaf-cutter ants *Atta colombica* (Hymenoptera: Formicidae). *Ethology*, 109: 835-846.
- Çamlitepe, Y. & Stradling, D.J. (1995). Wood ants orient to magnetic fields.

Proceedings of the Royal Society of London B, 261: 37-41.

Çamlitepe, Y., Aksoy, V., Uren, N., Yilmaz, A., & Becenen, I. (2005). An experimental analysis of the magnetic field sensitivity of the black meadow ant *Formica pratensis* Retzius (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Biologica Hungarica*, 56: 215-224.

Clarke, D., Whitney, H., Sutton, G., & Robert, D. (2013). Detection and learning of floral electric fields by bumblebees. *Science* 340: 66-69.

Desoil, M., Gillis, P., Gossuin, Y., Pankhurst, Q.A. & Hautot, D. (2005). Definitive identification of magnetite nanoparticles in the abdomen of the honeybees *Apis mellifera*. *Journal of Physics: Conference Series*, 17: 45-49.

Elisei, T., Ribeiro-Júnior, C., Guimarães, D.L. & Prezoto, F. (2005). Foraging activity and nesting of swarm-founding wasp *Synoeca cyanea* (Fabricius, 1775) (Hymenoptera, Vespidae, Epiponini). *Sociobiology*, 46: 317-327.

Elpino-Campos, A., Del-Claro, K. & Prezoto, F. (2007). Diversity of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) in Cerrado fragments of Uberlândia, Minas Gerais State, Brazil. *Neotropical Entomology*, 36: 685-692.

Esquivel, D.M.S., Acosta-Avalos, D., El-Jaick, L.J., Cunha, A.D.M., Malheiros, M.G., Wajnberg, E. & Linhares, M.P. (1999). Evidence for magnetic material in the

fire ant *Solenopsis* sp. by electron paramagnetic resonance measurements. *Naturwissenschaften*, 86: 30-32.

Frier, H.J., Edwards, E., Smith, C., Neale, S. & Collet, T.S. (1996). Magnetic compass cues and visual pattern learning in honeybees. *Journal of Experimental Biology*, 199: 1353-1361.

Gonçalves, C.G.B., Medeiros, C., Oliveira Junior, J. & Lima, D. (2009). Aparato para condução de experimentos em laboratórios dos efeitos do campo magnético sobre organismos aquáticos. *Tropical Oceanography*, 37: 30-40.

Jander, R. & Jander, U. (1998). The light and magnetic compass of the weaver ant, *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae). *Ethology*, 104: 743-758.

Jeanne, R.L. (1972). Social biology of the neotropical wasp *Mischocyttarus drewseni*. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 144: 63-150.

Kermarrec, A. (1981). Sensibilité à un champ magnétique artificiel et réaction d'évitement chez *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Formicidae, Attini). *Insectes Sociaux*, 28: 40-46.

Kirschvink, J.L., Padmanabha, S., Boyce, C.K. & Oglesby, J. (1997). Measurement of the threshold sensitivity of honeybees to weak, extremely low-frequency magnetic fields. *Journal of Experimental Biology*, 200: 1363-1368.

- Kisliuk, M. & Ishay, J. (1977). Influence of an additional magnetic field on hornet nest architecture. *Experientia*, 33: 885-887.
- Kisliuk, M. & Ishay, J. (1979). Influence of the earth's magnetic field on the comb building orientation of hornets. *Experientia*, 35: 1041-1042.
- Kudô, K., Zucchi, R. & Tsuchida, K. (2003). Initial nest development in the swarm-founding paper wasp, *Polybia paulista* (Hymenoptera: Vespidae, Epiponini): cases of building multiple initial combs. *Journal of the New York Entomological Society*, 111: 151-158.
- Klotz, J.H., Van Zandt, L.L., Reid, B.L. & Bennett, G.W. (1997). Evidence lacking for magnetic compass orientation in fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 70: 64-65.
- Lima, M.A.P. & Prezoto, F. (2003). Foraging activity rhythm in the neotropical swarm-founding wasp *Polybia platycephala sylvestris* (Hymenoptera: Vespidae) in different seasons of the year. *Sociobiology*, 42: 745-752.
- Lindauer, M. & Martin, H. (1972). Magnetic effects in dancing bees. In S.R. Galler, R. Schmidt-Koenig, G.J. Jacobs & R.E. Belleville (Eds.), *Animal Orientation and Navigation* (pp. 559-567). Washington DC: US Government Printing Office.
- Martin, H., Korall, H. & Forster, B. (1989). Magnetic field effects on activity and ageing in honeybees. *Journal of Comparative Physiology A*, 164: 423-431.

- Mouritsen, H. (2001). Navigation in birds and other animals. *Image and Vision Computing*, 19: 713-731.
- O'Donnell, S. & Jeanne, R.L. (1995). The roles of body size and dominance in division of labor among workers of the eusocial wasp *Polybia occidentalis* (Olivier) (Hymenoptera: Vespidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 68: 43-50.
- Ritz, T., Ahmad, M., Mouritsen, H., Wiltschko, R. & Wiltschko W. (2010). Photoreceptor-based magnetoreception: optimal design of receptor molecules, cells, and neuronal processing. *Journal of the Royal Society Interface*, 7:135-146.
- Riveros, A.J. & Srygley, R.B. (2008). Do leaf cutter ants *Atta colombica* orient their path integrated home vector with a magnetic compass? *Animal Behaviour*, 75: 1273-1281.
- Rosengren, R. & Fortelius, W. (1986). Ortstreue in foraging ants of the *Formica rufa* group. Hierarchy of orienting cues and long-term memory. *Insectes Sociaux*, 33: 306-337.
- Sandoval, E.L., Wajnberg, E., Esquivel, D., Lins de Barros, H. & Acosta-Avalos, D. (2012). Magnetic orientation in *Solenopsis* sp. ants. *Journal of Insect Behavior*, 25: 612-619.

- Slowick, T.J. & Thorvilson, H.G. (1996). Localization of subcuticular iron-containing tissue in the red imported fire ant. *Southwestern Entomologist*, 21: 247-253.
- Slowick, T.J., Green, B.L. & Thorvilson, H.G. (1997). Detection of magnetism in the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*) using magnetic resonance imaging. *Bioelectromagnetics*, 18: 396-399.
- Skiles, D. D. (1985). The geomagnetic field: its nature, history and biological relevance. *In: Kirschvink, J.L., Jones, D.S. e MacFadden, B.J. (Eds) Magnetite Biomineralization and Magnetoreception in Organisms. A new biomagnetism.* Plenum Press. New York and London. Pp: 43-102.
- Spradbery, J.P. (1973). Wasps. An account of the biology and natural history of social and solitary wasps. Seattle: University Washington Press, 408p.
- Stokroos, I., Litinetsky, L., Van der Want, J.J. & Ishay, J.S. (2001). Magnetic minerals keystone-like crystals in cells of hornet combs. *Nature*, 411: 654.
- Valkova, T. & Vacha, M. (2012). How do honeybees use their magnetic compass? Can they see the North? *Bulletin of Entomological Research*, 102: 461-467.
- Walker, M. M. & Bitterman, M.E. (1989). Honeybees can be trained to respond to very small changes in geomagnetic field intensity. *Journal of Experimental Biology*, 145: 489-494.

- Walker M.M. (2008). A model for encoding of magnetic field intensity by magnetite-based magnetoreceptor cells. *Journal of Theoretical Biology*, 250: 85-91.
- Wei, C.A. & Dyer, F.C. (2009). Investing in learning: why do honeybees, *Apis mellifera*, vary the duration of learning flights? *Animal Behaviour*, 77: 1165-1177.
- Wei, C.A., Rafalko, S.L. & Dyer, F.C. (2002). Deciding to learn: modulation of learning flights in honeybees, *Apis mellifera*. *Journal of Comparative Physiology A*, 188: 725-737.
- Wickelgren, I (1996). The strange senses of other species. *IEEE Spectrum*, 33: 32-37.
- Wiltschko, R. & Wiltschko, W. (1995). *Magnetic orientation in animals*. Berlin: Springer Verlag, 297p.
- Wiltschko, R. & Wiltschko, W. (2006). Magnetoreception. *BioEssays*, 28: 157-168.
- Zeil, J., Kelber, A. & Voss, R. (1996). Structure and function of learning flights in bees and wasps. *The Journal of Experimental Biology*, 199: 245-252.

The background of the slide is a close-up photograph of a wasp nest. The nest is composed of numerous hexagonal cells, some of which are filled with developing larvae. A semi-transparent rectangular box is centered over the middle of the image, containing the chapter title and subtitle in black text.

CAPÍTULO III

**Alterações no campo magnético local podem afetar a estabilidade de colônias de
Polistes versicolor Olivier (Hymenoptera: Vespidae)?**

**ALTERAÇÕES NO CAMPO MAGNÉTICO LOCAL PODEM AFETAR A
ESTABILIDADE DE COLÔNIAS DE *Polistes versicolor* OLIVIER
(HYMENOPTERA: VESPIDAE)?**

por

Maria da Graça Cardoso Pereira-Bomfim¹; William Fernando Antonialli-Junior^{1,2} &
Daniel Acosta-Avalos³

RESUMO

Perturbações ambientais que afetam os insetos podem ocorrer por modificação nos diversos fatores abióticos, entre eles, alterações no campo geomagnético. A influência do campo geomagnético sobre seres vivos já é conhecida, sendo que a exposição a campos magnéticos pode provocar diversas reações variando desde respostas comportamentais a anomalias de desenvolvimento e, até mesmo a mortalidade. Desta forma, este estudo teve por objetivo investigar se o campo magnético alterado poderia modificar, de alguma forma, a estabilidade de colônias de vespas sociais. Para isto, experimentos magnetobiológicos foram conduzidos em dez colônias de *Polistes versicolor* nidificadas em ambiente natural. Por meio da técnica de “snapshots” foi avaliada a resposta comportamental das colônias através da quantificação do posicionamento dos indivíduos na superfície anterior dos ninhos antes e durante a

¹ Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados. Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Caixa Postal 241, 79.804-970, Dourados-MS, Brasil. airambio@yahoo.com.br; williamantonialli@yahoo.com.br

² Laboratório de Ecologia, Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Caixa Postal 351, 79.804-970, Dourados-MS, Brasil.

³ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF. Rua Xavier Sigauld, 150, Urca, 22.290-180, Rio de Janeiro-RJ, Brasil. dacosta00@gmail.com

alteração do campo magnético local. De acordo com os resultados é possível concluir que a alteração do campo geomagnético pode gerar uma perturbação significativa na maioria das colônias, que como resposta defensiva pode gerar agregação de indivíduos no ninho, inclusive provocando o retorno de forrageadoras, ou ainda, gerando um comportamento de fuga. No entanto, não é possível detectar qualquer padrão de alteração significativa, na preferência de posicionamento das vespas em qualquer região do ninho, o que sugere que mesmo diante de uma fonte de perturbação fatores intrínsecos do ninho são determinantes na escolha da localização dos adultos.

Palavras-chave: Polistinae, vespa social, comportamento defensivo, ninho.

**CHANGES IN THE LOCAL MAGNETIC FIELD CAN AFFECT THE
STABILITY OF COLONIES *Polistes versicolor* OLIVIER (HYMENOPTERA:
VESPIDAE)?**

by

Maria da Graça Cardoso Pereira-Bomfim³; William Fernando Antonialli-Junior^{1,4} &
Daniel Acosta-Avalos³

ABSTRACT

Environmental disturbances that affect insects can occur by modifying the various abiotic factors, including, changes in the geomagnetic field. The influence of the geomagnetic field on living beings has been known, and that exposure to magnetic fields can cause different reactions ranging from behavioral responses to developmental anomalies and even mortality. Thus, this study aimed to investigate whether the altered magnetic field could change, somehow, the stability of colonies of social wasps. For this, magnetobiological experiments were conducted in ten colonies of *Polistes versicolor* inserted into the natural environment. Through the technique of snapshots the behavioral response of the colonies was evaluated by measuring the position of individuals on the anterior surface of the nests before and during the change of the local magnetic field. According to our results we conclude that the change of the geomagnetic

³ Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados. Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Caixa Postal 241, 79.804-970, Dourados-MS, Brazil. airambio@yahoo.com.br; williamantonialli@yahoo.com.br

⁴ Laboratório de Ecologia, Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Caixa Postal 351, 79.804-970, Dourados-MS, Brazil.

³ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF. Rua Xavier Sigauld, 150, Urca, 22.290-180, Rio de Janeiro-RJ, Brazil. dacosta00@gmail.com

field can cause a significant disturbance in most of the colonies, as a defensive response that can cause aggregation of individuals in the nest, including causing the return of foragers, or generating a behavior escape. However, we cannot detect any pattern of significant change in the position preference of the wasps in any region of nest, which suggests that even before the disturbance source intrinsic factors of the nest, are decisive in choosing the location of adults.

Keywords: Polistinae, social wasp, defensive behavior, nest.

INTRODUÇÃO

Polistes versicolor (Olivier) é uma vespa social neotropical, cuja ocorrência vai da Costa Rica ao sul do Brasil e Argentina (Richards 1978). É uma vespa de fundação independente e teve grande parte da sua biologia já estudada (Gobbi & Zucchi 1980, 1985; Rodrigues 1982; Itô 1984).

Polistes é considerado um “gênero chave” para o entendimento da evolução do comportamento social em insetos, pelo fato de ocorrer em uma larga faixa climática, permitindo a comparação entre estudos e por apresentar diferenças sutis entre as castas, um traço considerado ancestral na evolução da organização social (Evans 1958). De fato, várias espécies, não apresentam diferenças morfológicas evidentes ou mesmo variação de cor significativa entre si (Cumber 1951; Richards 1971).

Em geral, a determinação de castas ocorre por meio de dominação física e pelo uso de oofagia e larvifagia diferenciais. Neste sistema forma-se um tipo de organização hierárquica denominada de “hierarquia linear” (Pardi 1948). Assim, as castas são formadas pela vespa dominante e pelas suas subordinadas (Giannotti & Machado 1999; Zara & Balestieri 2000). Contudo, evidências de determinação de casta pré-imaginal, incluindo diferenças no tamanho do corpo entre operárias e gines já foram descritas em algumas espécies de vespas sociais de fundação independente em Polistinae (West-Eberhard 1969; Haggard & Gamboa 1980; Turillazzi 1980; Miyano 1983; Keeping 2002).

Quanto à arquitetura dos ninhos, em geral, a maioria das espécies deste gênero seguem o mesmo padrão. Eles são constituídos por um único favo, sem envelope de cobertura, que é fixado ao substrato por um pecíolo. Ninhos com estas características

são denominados de *stelocytarus gymnodomous* segundo classificação de Richards & Richards (1951).

Para essas vespas, assim como para insetos sociais em geral, a defesa bem sucedida da colônia é vital e requer a reação simultânea de muitos indivíduos. Por isso vários mecanismos, alguns dos quais relativamente sofisticados, têm evoluído para proteger o ninho contra intrusos em abelhas (Michener 1974), assim como deve ocorrer em vespas sociais. Neste sentido, deve haver ocorrência generalizada de sistemas de alerta químico entre os insetos sociais, como o uso de feromônio de alarme e comportamento defensivo em Hymenoptera, o que é fundamental para reunir uma força coletiva para a defesa colonial (Matthews & Matthews 2010).

A natureza química dos feromônios de alarme é muito variada, e tende a ser específica para cada grupo (Gillott 2005). Eles são produzidos em condições de perigo imediato ou potencial, e as respostas geradas possuem graus em várias categorias funcionais configurando como as mais comuns: proteção, dispersão, agitação, agregação e recrutamento (Matthews & Matthews 2010).

Dessa forma, diante de perturbações ambientais, as colônias podem apresentar diferentes níveis de stress, percebidos pelas reações de alarme geral provocadas por acontecimentos novos e imprevisíveis; pelo esforço fisiológico produzido por exposição prolongada a condições ambientais extremas; e por reações de defesa contra estímulos potencialmente perigosos (Mason & Rushen 2006).

As perturbações ambientais podem ocorrer por modificação nos diversos fatores abióticos, entre eles, alterações no campo geomagnético, já que muitos organismos, desde bactérias a vertebrados, exibem uma resposta comportamental a este campo ou a campos magnéticos artificiais (Kirschvink *et al.* 1985).

A influência do campo magnético sobre seres vivos já é conhecida em microrganismos, abelhas, moscas, borboletas, salamandras, peixes, baleias, golfinhos, tartarugas, pombos, entre outros (Acosta-Avalos *et al.* 2000).

Dessa forma, a exposição a campos eletromagnéticos pode provocar diversas reações variando desde respostas comportamentais aversivas a anomalias de desenvolvimento e mortalidade em muitos grupos de animais testados, como abelhas, anfíbios, mamíferos e aves (Zach & Mayoh 1982; Copplestone *et al.* 2005; Nicholls & Racey 2007; Batellier *et al.* 2008; Bergeron 2008; Sahib 2011).

Os efeitos biológicos resultantes da radiação de campo eletromagnético podem depender da dose, e indicar efeitos cumulativos em longo prazo, o que pode representar uma ameaça aos insetos, já que estes são especialmente sensíveis a ela (Balmori 2009).

Sendo assim, o conhecimento de como os organismos reagem frente às alterações no campo geomagnético é cada vez mais relevante, já que os ambientes onde muitos insetos vivem estão sendo modificados pela crescente demanda tecnológica. Este estudo teve por objetivo avaliar se o campo magnético alterado poderia modificar a estabilidade de colônias de vespas sociais.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimentos magnetobiológicos foram conduzidos sobre dez colônias de *Polistes versicolor* (Olivier) nidificadas no município de Batayporã (22°17'96''S; 53°15'77''W), estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, durante o período de janeiro a abril de 2013. Os parâmetros de campo geomagnético para esta região são: inclinação - 29.3°, declinação -17.4°, intensidade horizontal $H = 0.19$ Oe, componente vertical $Z = -0.11$ Oe e intensidade total $F = 0.22$ Oe (1 Oe = 100 μ T. Oe é a sigla de Oersted).

Para garantir a homogeneização das condições das colônias, todas foram estudadas em estágio de pós-emergência (Jeane 1972). E para uma maior amostragem, durante cada sessão as observações foram realizadas em horários de maior atividade das vespas compreendido entre 9:00 às 15:00 horas (Andrade & Prezoto 2001; Lima & Prezoto 2003; Elisei *et al.* 2005; Elpino-Campos *et al.* 2007).

Com a utilização da técnica “snapshots” (Del-Claro 2004) foi testado o efeito do campo magnético alterado sobre os posicionamentos dos indivíduos da colônia na superfície do ninho. Posicionamento é aqui compreendido como a localização espacial, em determinado momento, de um indivíduo na superfície do ninho.

Foram quantificados somente os posicionamentos dos indivíduos na superfície anterior do ninho, que corresponde ao local onde estão abertas as células do favo, não sendo avaliados, portanto os posicionamentos realizados na superfície posterior.

Adicionalmente, foi avaliado se havia preferência dos indivíduos se posicionarem em alguma região específica da superfície anterior dos ninhos. Para isto, o ninho foi dividido por linhas imaginárias de forma equitativa em quatro regiões definidas com auxílio de bússola: Norte, Sul, Leste e Oeste (Fig.1).

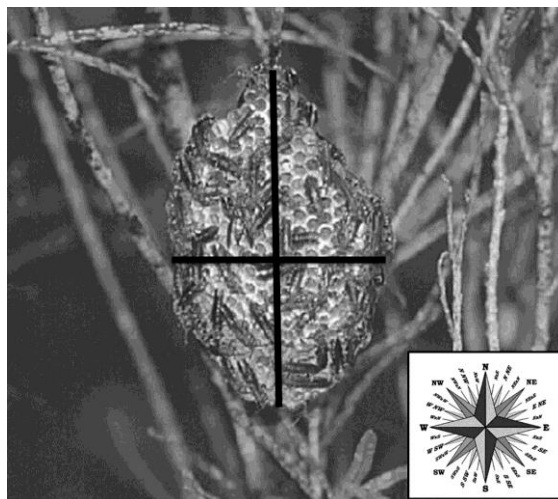


Figura 1. Representação esquemática da divisão da superfície anterior do ninho, utilizada para análises dos posicionamentos dos indivíduos.

A resposta de cada colônia, quanto ao efeito do campo magnético, foi avaliada em dois momentos distintos que compreenderam: um primeiro período com campo geomagnético natural e um período posterior com campo magnético alterado. Para a alteração do campo magnético natural foi utilizada bobinas de Helmholtz, conforme modelo adaptado de Gonçalves *et al.* (2009). O aparato utilizado consistiu em um par de bobinas de Helmholtz com 30 cm de diâmetro, orientadas na direção Leste-Oeste; cada bobina consistiu em 46 espiras de fio de cobre de 15 AWG (secção transversal de 1,5 mm²) envernizadas e sobrepostas, de forma a ocupar uma extensão de 2 cm. O par de bobinas foi alimentado por uma fonte elétrica digital, que forneceu uma corrente de 1.16 A e uma voltagem constante de 15V, gerando um campo magnético quase uniforme entre as bobinas (intensidade total 5.4Oe). Como pode ser observado a variação na intensidade foi menor se comparada com a do campo magnético. A mesma uniformidade foi observada na direção Oeste-Leste (valor médio de 5.2 ± 0.8 Oe), na direção Norte-Sul (valor médio de 1.0 ± 0.9 Oe) e ainda na componente vertical (valor médio de 0.7 ± 0.9 Oe). A inclinação média foi de $-6.9^\circ \pm 4.4^\circ$.

Cada bobina foi posicionada a 2 cm da borda do ninho, e as bordas do ninho estavam a 5.5 cm a partir do meio do ninho. Nesta configuração a bobina de Helmholtz gerou campo elétrico e magnético na superfície do ninho. O campo magnético foi monitorado utilizando um magnetômetro de eixo único (GlobalMag, modelo TLMP-Hall-050).

Foram realizados 30 “snapshots” para cada colônia, sendo 15 com campo geomagnético natural e 15 com campo magnético alterado, totalizando 300 “snapshots”. Cada amostragem instantânea correspondeu a uma imagem fotográfica, com intervalo de um minuto entre cada amostra. Os pequenos intervalos utilizados não permitiram variação significativa dos outros fatores abióticos que poderiam influenciar nas análises.

Foi aplicado o Teste t de Student, com $\alpha = 0,05$, para avaliar se o número de vespas posicionadas no ninho seria significativamente diferente entre os dois períodos testados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram quantificados 9.311 posicionamentos: 4.329 durante todo o período com campo geomagnético e 4.982 durante todo o período com campo magnético alterado.

Pela contagem dos posicionamentos em toda superfície anterior do ninho, o Teste t de Student (Tab. 01) indicou que houve em 60% das colônias uma alteração significativa no número de indivíduos posicionados naquela superfície do ninho. Neste sentido, houve um menor número de indivíduos posicionados na superfície anterior dos ninhos no período com campo geomagnético em relação ao período com campo magnético adicional. Contudo, um padrão inverso, foi observado em uma única colônia. E, em 30% das colônias não houve variação significativa no número de posicionamentos (Tab.1).

Assim a alteração do campo geomagnético pela ação das bobinas de Helmholtz, provocou como resposta comportamental na maioria das colônias, um aumento no número de vespas posicionadas na superfície do ninho, indicando que a frequência de retorno das forrageadoras, foi maior do que durante o período sem alteração do campo magnético.

Em insetos sociais, a defesa em grupos do ninho é vital para formigas, abelhas e vespas sociais (Breed *et al.* 1990; Hölldobler & Wilson 1990; Michener 1974; Wilson 1971). Assim a alteração observada pode representar uma resposta defensiva, visto que diante da mudança nesse fator abiótico houve o incremento em número de posicionamentos. No entanto, os mecanismos homeostáticos envolvidos no enfrentamento dessa alteração ambiental por incremento numérico não são claros, uma vez que também é possível que o novo valor de intensidade do campo pode ter atraído as vespas que estavam forrageando.

Tabela 1: Número de posicionamentos de vespas na superfície anterior do ninho, resultado do teste t de Student e padrão numérico observado em dez colônias de *Polistes versicolor*.

Ninho	Quantidade de Posicionamentos		t	p	Padrão observado
	Campo Magnético Natural	Campo Magnético Alterado			
1	136	193	-5.792*	< 0.05	Acréscimo
2	329	327	0.165	> 0.05	Estável
3	325	299	1.721	> 0.05	Estável
4	225	282	-4.822*	< 0.05	Acréscimo
5	771	742	1.762	> 0.05	Estável
6	441	562	-6.445*	< 0.05	Acréscimo
7	411	505	-7.818*	< 0.05	Acréscimo
8	673	994	-12.881*	< 0.05	Acréscimo
9	453	612	-5.866*	< 0.05	Acréscimo
10	565	466	4.288*	< 0.05	Decréscimo

* Com alteração estatística significativa

Por outro lado, a maior intensidade do campo magnético local pode ter provocado como resposta, nessas colônias, a liberação de feromônios de alarme propiciando o retorno de vespas forrageadoras das imediações. Visto que um eficiente sistema de defesa é necessário, já que o ninho contém imaturos e grandes quantidades de recursos concentrados (Richards 1978).

No entanto, um padrão contrário foi observado em apenas uma colônia, sugerindo que a fonte de perturbação levou alguns indivíduos a abandonar o ninho no momento das observações.

O fato de vespas deixarem o ninho pode ser explicado pelo perigo iminente que o campo magnético adicional pode representar para esses indivíduos, já que Kisliuk & Ishay (1977) observaram, ao testarem a influência de campo magnético adicional, sobre a arquitetura de ninhos de *Vespa orientalis*, que isto causava uma perturbação significativa a ponto de ser letal para vespas adultas e larvas.

Contudo, é difícil avaliar se a manutenção da alteração do campo magnético local por um longo período poderia levar ao total abandono do ninho. Giray *et al.* (2005) observaram, avaliando o polietismo temporal em *Polistes canadensis*, que em condições naturais quando vespas abandonam o ninho, geralmente por conta de alguma fonte de perturbação, isto é feito mais frequentemente por vespas mais jovens de até quatro dias de vida.

Diante destes resultados pode-se considerar a possibilidade de 70% das colônias terem interpretado a variação no campo magnético como fonte de perturbação, adotando duas modalidades de resposta que poderiam corresponder a estratégias típicas de defesa como: lutar e fugir.

A adoção destas estratégias pode afetar a estabilidade na dinâmica de busca de recursos pela colônia, pelo fato de operárias terem de abortar a atividade forrageadora para atender a necessidade de se agregarem para defesa da colônia, ou ainda, no caso de fuga, se a frequência de saídas não for compensada por retornos, haverá maior custo energético para a colônia, o que pode causar déficit nas tarefas de manutenção (Wilson 1971) e de forrageamento (Lima & Prezoto 2003).

Por outro lado, o fato de três colônias não terem alterado suas respostas comportamentais com a alteração das condições de campo magnético natural, sugere que estas colônias poderiam ser mais tolerantes. Esta maior tolerância poderia ser devido ao fato, da(s) fundadora(s) ter sido exposta à influência prévia de campos

magnéticos adicionais em seu ambiente. Isso é possível de acordo com Kisliuk & Ishay (1977), pois apesar de avaliarem que o campo magnético adicional pode ser letal para adultos e larvas de *Vespa orientalis*, concluíram que vespas mais jovens seriam capazes de se adaptarem a adição de campo magnético. Por outro lado, poderia ser uma característica intrínseca da colônia, ou ainda, algum outro parâmetro, o qual as outras colônias não estavam submetidas.

Não foi observada preferência entre os períodos de campo geomagnético e de campo magnético alterado, quanto à região de posicionamento dos indivíduos na superfície dos ninhos (Tab. 2).

Tabela 2: Frequências Absoluta e Relativa de posicionamentos de vespas na superfície anterior do ninho, em Campo Geomagnético (CGM) e em Campo Magnético Alterado (CMA), resultado do teste t de Student, em dez colônias de *Polistes versicolor*.

Região do Ninho	CGM	CMA	Teste t	p
Norte	2.664 (62%)	2.943 (59%)	-0.986	> 0.05
Sul	1.665 (38%)	2.039 (41%)	-1.608	> 0.05
Leste	2.340 (54%)	2.657 (53%)	-1.339	> 0.05
Oeste	1.989 (46%)	2.325 (47%)	-1.958	> 0.05

O fato da maioria dos posicionamentos, independente das condições, estarem localizados na região norte, comparado com a região sul, indica que há uma ocupação preferencial desta região pelas vespas, revelando que é uma área importante do ninho. Já que, a orientação Norte, neste estudo, correspondeu nos ninhos à região de inserção do pecíolo é possível inferir que a ocupação preferencial se deu por esta ser a área mais antiga do ninho e, portanto com maior número de imaturos a necessitar de cuidados.

Torres *et al.* (2014) avaliaram que a produtividade em colônias dessa espécie é significativamente maior em células centrais e mais próximas do pecíolo.

A contagem dos posicionamentos nas regiões Leste e Oeste, nos dois períodos testados, indicou equivalência numérica. A ausência de diferenças significativas entre estas duas regiões durante as duas condições do experimento, pode ser explicada pelo fato de que as vespas investem mais na produtividade de células centrais do ninho (Torres *et al.* 2014).

Portanto, de acordo com os resultados é possível concluir que a alteração do campo geomagnético pode gerar uma perturbação significativa na maioria das colônias (Tabela 1), que como resposta defensiva podem se agregar no ninho, inclusive provocando o retorno de forrageadoras, ou ainda, gerando um comportamento de fuga.

Contudo, não foi possível detectar qualquer padrão de alteração significativa, na preferência por local de posicionamento das vespas em qualquer região do ninho, o que sugere que mesmo diante de uma fonte de perturbação fatores intrínsecos do ninho são determinantes na escolha do posicionamento dos indivíduos no favo, já que as vespas tendem a se reunir em regiões que de fato estão concentradas a maior parte das células produtivas da colônia e que, portanto, devem receber maior atenção.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Janet W. Reid (JWR Associates) pela revisão do texto em inglês para publicação e a CAPES pela bolsa de doutorado do primeiro autor e WFAJ agradece a bolsa de produtividade do CNPq e DAA agradece ao CNPq o suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- Acosta-Avalos, D., Wajnberg, E., Esquivel, D.M.S. & El-Jaick, L.J. 2000. Insetos sociais: um exemplo de magnetismo animal. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 22: 317-323.
- Andrade, F.R. & Prezoto, F. 2001. Horários de atividade forrageadora e material coletado por *Polistes ferrerii* Saussure, 1853 (Hymenoptera, Vespidae), nas diferentes fases de seu ciclo biológico. *Revista Brasileira de Zoociências*, 3: 117-128.
- Balmori, A. 2009. Eletromagnetic pollution from phone masts. Effects on wildlife. *Pathophysiology*, 16: 191-199.
- Batellier, F., Couty, I., Picard, D. & Brillard, J.P. 2008. Effects of exposing chicken eggs to a cell phone in “call” position over the entire incubation period. *Theriogenology*, 69: 737-745.
- Bergeron, N.A. 2008. Electromagnetic Wave Impact on Amphibian Metamorphosis. Moore, Oklahoma.
- Breed, M.D., Robinson, G.E. & Page, R.E.J. 1990. Division of labor during honey bee colony defense. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 27: 395-401.
- Copplestone, D., Wood, M.D., Merrill, P.C., Allott, R., Jones, S.R., Batlle, J.V.I.,

- Beresford, N.A. & Zinger, I. 2005. Impact assessment of ionizing radiation on wildlife: Meeting the requirements of the EU birds and habitats directives. *Radioprotection*, 40: 893-898.
- Cumber, R.A. 1951. Some observations on the biology of the Australian wasp *Polistes humilis* (Fabricio) (Hymenoptera, Vespidae) in North Auckland (New Zeland) with special reference to the nature of the worker cast. *Proc. R. Ent. Soc. Lond.*, 26: 11-16.
- Del-Claro, K. 2004. Comportamento animal: introdução à ecologia comportamental. Jundiaí – SP, Ed. Livraria Conceito, 132p.
- Elisei, T., Ribeiro-Júnior, C., Guimarães, D.L. & Prezoto, F. 2005. Foraging activity and nesting of swarm-founding wasp *Synoeca cyanea* (Fabricius, 1775) (Hymenoptera, Vespidae, Epiponini). *Sociobiology*, 46: 317-327.
- Elpino-Campos, A., Del-Claro, K. & Prezoto, F. 2007. Diversity of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) in Cerrado fragments of Uberlândia, Minas Gerais State, Brazil. *Neotropical Entomology*, 36: 685-692.
- Evans, H.E. 1958. The evolution of social life in wasps. *Proc. of International Congress of Entomology*, 10: 449-457.

- Giannotti, E. & Machado, V.L.L.1999. Behavioral castes in the primitively eusocial wasp *Polistes lanio* Fabricius (Hymenoptera, Vespidae). Rev. Bras. Entomol., 43:185-190.
- Gillott, C. 2005. Entomology. 3ed. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 834p.
- Giray, T., Giovanetti, M. & West-Eberhard, M.J. 2005. Juvenile hormone, reproduction, and worker behavior in the neotropical wasp *Polistes canadensis*. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 102: 3330-3335.
- Gobbi, N. & Zucchi, R. 1980. On the ecology of *Polistes versicolor versicolor* (Olivier) in southern Brazil (Hymenoptera: Vespidae: Polistini) I. Phenological account. Naturalia, 6: 97-104.
- Gobbi, N. & Zucchi, R. 1985. On the ecology of *Polistes versicolor versicolor* (Olivier) in southern Brazil (Hymenoptera: Vespidae: Polistini) II. Colonial Productivity. Naturalia, 10: 21-25.
- Gonçalves, C.G.B., Medeiros, C., Oliveira Junior, J. & Lima, D. 2009. Aparato para condução de experimentos em laboratórios dos efeitos do campo magnético sobre organismos aquáticos. Tropical Oceanography, 37: 30-40.
- Haggard, C.M. & Gamboa, G.J. 1980. Seasonal variation in body size and reproductive condition of a paper wasp, *Polistes metricus* (Hymenoptera: Vespidae). Can. Entomol., 112: 239-248.

- Hölldobler, B. & Wilson, E.O. 1990. The Ants. Cambridge, Massachusetts, Belknap Press of Harvard University Press, 732p.
- Itô, Y. 1984. Shifts of females between adjacent nests of *Polistes versicolor* (Hymenoptera: Vespidae) in Panama. Insectes Soc., 31: 103-111.
- Jeanne, R.L. 1972. Social biology of the neotropical wasp *Mischocyttarus drewseni*. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, 144: 63-150.
- Keeping, M.G. 2002. Reproductive and worker castes in the primitively eusocial wasp *Belonogaster petiolata* (DeGeer) (Hymenoptera: Vespidae): evidence for pre-imaginal differentiation. J. Ins. Phys., 48: 867-879.
- Kirschvink, J.L., Jones, D.S. & Macfadden, B.J. 1985. Magnetite Biomineralization and Magnetoreception in Organisms: A New Biomagnetism. New York, Plenum Press.
- Kisliuk, M. & Ishay, J. 1977. Influence of an additional magnetic field on hornet nest architecture. Experientia, 33: 885-887.
- Lima, M.A.P. & Prezoto, F. 2003. Foraging activity rhythm in the neotropical swarm-founding wasp *Polybia platycephala sylvestris* (Hymenoptera: Vespidae) in different seasons of the year. Sociobiology, 42: 745-752.
- Masson, G. & Rushen, J. 2006. Stereotypic Animal Behaviour: Fundaments and

applications to Welfare. 2ed. Cromwell Press, Trowbridge, 379p.

Matthews, R.W. & Matthews, J.R. 2010. Insect Behavior. 2ed. New York, Springer Dordrecht Heidelberg London, 519p.

Michener, C.D. 1974. The Social Behavior of the Bees. The Belknap Press of Harvard University Press Massachusetts, 404p.

Miyano, S. 1983. Number of offspring and seasonal changes of their body weight in a paper wasp, *Polistes chinensis antennalis* Pérez (Hymenoptera, Vespidae), with reference to male production by workers. Res. Popul. Ecol., 25: 198-209.

Nicholls, B. & Racey, P.A. 2007. Bats avoid radar installations: Could electromagnetic fields deter bats from colliding with wind turbines. PloSOne, 2: e297.

Pardi, L. 1948. Dominance order in *Polistes* wasps. Physiol. Zool., 21:1-13.

Richards, O.W. 1971. The biology of the social wasps (Hymenoptera, Vespidae). Biol. Rev. (Cambridge), 45: 483-528.

Richards, O.W. 1978. The social wasps of the Americas excluding the Vespinae. London, British Museum (Natural History), 580p.

Richards, O.W. & Richards, M.J. 1951. Observation on the social wasps of South America (Hymenoptera, Vespidae). Trans. Ent. Soc. Lond., 102:1-170.

- Rodrigues, V.M. 1982. Vespídeos sociais: a reabsorção de ovócitos e estrutura social de *Polistes (Aphanilopterus) versicolor* (Olivier) (Polistinae, Polistini). Dusenía, 13: 123-126.
- Sahib, S.S. 2011. Impact of mobile phone on the density of Honey Bees. Munis Entomology & Zoology, 6: 396-399.
- Torres, R.F., Torres, V.O., Suárez, Y.R. & Antonialli-Junior, W.F. 2014. Effect of the habitat alteration by human activity on colony productivity of the social wasp *Polistes versicolor* (Olivier) (Hymenoptera: Vespidae). Sociobiology, 61: 100-106.
- Turillazi, S. 1980. Seasonal variation in the size and anatomy of *Polistes gallicus* (L.) (Hymenoptera: Vespidae). Monit. Zool. Ital. (N.S.), 14: 63-75.
- West-Eberhard, M.J. 1969. The social biology of Polistine wasps. Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan, 140: 1-101.
- Wilson, E.O. 1971. The insect societies. Cambridge, The Belknap Press, 548p.
- Zach, R. & Mayoh, K.R. 1982. Breeding Biology of Trees Swallows and House Wrens in a Gradient of Gamma Radiation. Ecology, 1720-1728.
- Zara, F.J. & Balestieri, J.B.P. 2000. Behavioural catalogue of *Polistes versicolor* Olivier (Vespidae, Polistinae) post-emergent colonies. Naturalia, 25:301-319.



CAPÍTULO IV

Efeito do campo magnético no comportamento de *Polistes versicolor* Olivier
(Hymenoptera: Vespidae)

EFEITO DO CAMPO MAGNÉTICO NO COMPORTAMENTO DE

Polistes versicolor OLIVIER (HYMENOPTERA: VESPIDAE)

por

Maria da Graça Cardoso Pereira-Bomfim¹; William Fernando Antonialli-Junior^{1,2} &

Daniel Acosta-Avalos³

RESUMO

Polistes versicolor (Olivier 1791) assim como outras vespas sociais interage com o ambiente que a cerca e está submetida a diversas perturbações ambientais que podem ocorrer por modificação nos diversos fatores abióticos, entre eles, alterações no campo geomagnético, que com o avanço tecnológico tem apresentado adição em várias ordens de grandeza. Contudo, pouco se sabe sobre o efeito destas mudanças no comportamento de colônias de vespas sociais. Assim o objetivo deste estudo foi avaliar como a alteração do campo magnético natural pode afetar a execução dos comportamentos de fêmeas em colônias de *Polistes versicolor*. Para isto foram realizados experimentos magnetobiológicos sobre colônias, visando avaliar seus comportamentos em condições de campo magnético natural e alterado *in situ*. Ainda que a análise estatística não tenha detectado diferenças significativas entre os repertórios comportamentais de rainhas e operárias em colônias sob condição de campo magnético natural e campo magnético alterado, foi possível, avaliar que a variação no número de vespas envolvidas nas

¹ Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados. Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Caixa Postal 241, 79.804-970, Dourados-MS, Brasil. airambio@yahoo.com.br; williamantonialli@yahoo.com.br

² Laboratório de Ecologia, Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Caixa Postal 351, 79.804-970, Dourados-MS, Brasil.

³ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF. Rua Xavier Sigauld, 150, Urca, 22.290-180, Rio de Janeiro-RJ, Brasil. dacosta00@gmail.com

atividades intra e extranidais foi estatisticamente significativa. O CMA pode ainda modificar relações de disputa hierárquica dentro da colônia, já que os atos de dominação foram intensificados entre as operárias e diminuídos entre as rainhas. Sendo notável também a variação na frequência de dar alarme podendo indicar uma interpretação por parte da colônia de perturbação ambiental, e ainda o fato da oviposição ocorrer somente em CMA representando possível alteração comportamental e até mesmo fisiológica.

Palavras-chave: Vespa Social; Forrageamento; Polistinae; Colônia.

EFFECT OF MAGNETIC FIELD ON THE BEHAVIOR OF *Polistes versicolor*

OLIVIER (HYMENOPTERA: VESPIDAE)

by

Maria da Graça Cardoso Pereira-Bomfim³; William Fernando Antonialli-Junior^{1,4} &

Daniel Acosta-Avalos³

ABSTRACT

Polistes versicolor (Olivier 1791) as well as other social wasps interacts with the environment that surrounds and are subject to numerous environmental disturbances that can occur by modification of various abiotic factors, among them changes in the geomagnetic field, with technological advances that have brought addition by several orders of magnitude. However, little is known about the effect of these changes on the behavior of colonies of social wasps. Thus the aim of this study was to evaluate how changing the natural magnetic field can affect the execution behavior of females in colonies of *Polistes versicolor*. For this magnetobiological experiments were performed on colonies, in order to evaluate their behavior under conditions of natural magnetic field and altered *in situ*. Although the statistical analysis did not detect significant differences between the behavioral repertoires of queens and workers in colonies on the condition of natural magnetic field and magnetic field altered, it was possible to evaluate the variation in the number of wasps involved in intra and extranidal activities

¹ Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados. Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Caixa Postal 241, 79.804-970, Dourados-MS, Brazil. airambio@yahoo.com.br; williamantonialli@yahoo.com.br

² Laboratório de Ecologia, Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Caixa Postal 351, 79.804-970, Dourados-MS, Brazil.

³ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF. Rua Xavier Sigauld, 150, Urca, 22.290-180, Rio de Janeiro-RJ, Brazil. dacosta00@gmail.com

was statistically significant. The AMF can still modify hierarchical race relations within the colony, as acts of dominance have intensified between workers and decreased among queens. Also notable is the change in frequency of an alarm may indicate an interpretation on the part of the colony of environmental disturbance, and even the fact of oviposition occurs only in AMF representing possible behavioral and even physiological change.

Keywords: Social wasp; Foraging; Polistinae; colony

INTRODUÇÃO

Polistes versicolor (Olivier 1791) é uma vespa social que ocorre por toda América do Sul (Gobbi & Zucchi 1980), sendo relativamente bem estudada, se comparada a outras espécies de polistíneo de fundação independente. Nessa vespa, assim como em outras espécies eussociais menos derivadas, as castas são determinadas na fase adulta e as operárias não perdem a capacidade de reprodução direta, podendo substituir a rainha após sua morte ou até abandonar o ninho parental e fundar sua própria colônia (Gadagkar 1991).

As rainhas são identificadas por sua agressividade e dominância com outras fêmeas, exibindo-se de forma ameaçadora e fazendo com que as demais fêmeas as evitem ou se aproximem lentamente (Carpenter & Marques 2001). Essas interações agonísticas (de disputa) e a oofagia (alimentação com ovos) estabelecem a hierarquia de dominância entre as fêmeas da colônia (Gadagkar 1991; Silveira 2008).

A interação de domínio-submissão é uma das principais causas da divisão de trabalho reprodutivo estabelecida em colônias de *Polistes*, gerando uma hierarquia de domínio linear (Pardi 1942; Reeve 1991).

O estabelecimento desta hierarquia gera uma dinâmica social que se baseia no custo nutricional e nos benefícios dos comportamentos realizados e em geral o indivíduo dominante evita executar atividades de alto custo energético, criando uma reserva nutricional, e desse modo, aumenta a sua capacidade reprodutiva na colônia, que, conseqüentemente, favorece a sua dominância em relação a outras fêmeas (Markiewicz & O'Donnell 2001). A rainha além de ovipositar a maioria dos ovos, domina as demais por meio de ataques agressivos, ficando a maior parte do tempo no

ninho e iniciando a maioria ou todas as células até a emergência das primeiras operárias (Richards 1971).

Por outro lado, as operárias podem apresentar certa plasticidade comportamental, executando, de acordo com sua idade um amplo repertório de tarefas, variando desde aquelas dentro do ninho até a atividade de forrageio. Porém, algumas poucas recém-emergidas podem apresentar desenvolvimento ovariano e vir a ser uma fêmea com alta posição hierárquica, a qual poderá disputar o domínio da colônia ou fundar uma nova colônia em período oportuno. A diferenciação entre dominantes e subordinadas é apenas comportamental sem diferenças morfológicas externas, estatisticamente significativas (Gobbi 1977).

As colônias de vespas interagem com o ambiente que as cerca e podem ser muito sensíveis a perturbações ambientais (Morato & Campos 2000). Essas perturbações podem ocorrer em fatores bióticos, como interação com outras espécies e fatores abióticos como, temperatura, umidade relativa e intensidade luminosa (Giannotti *et al.* 1995; Silva & Noda 2000; Andrade & Prezoto 2001; Resende *et al.* 2001; Lima & Prezoto 2003; Nascimento & Tannure-Nascimento 2005; Ribeiro *et al.* 2006).

Outro fator ambiental importante e que apresenta efeitos pouco conhecidos sobre os organismos é o campo magnético, com efeitos documentados sobre o comportamento de insetos como: cupins (*Heterotermes indicola*) (Becker 1976), besouros (*Melolontha vulgaris*) (Schneider 1975), afídeos (*Sitobion avenae*) (He *et al.* 2012) e em himenópteros sociais, os poucos trabalhos existentes com vespas são com *Vespa orientalis* (Kisliuk & Ishay 1977) e abelhas (Martin & Lindauer 1977; Korall 1978; Gould *et al.* 1978; Leucht 1984; Lindauer 1985; Walker & Bitterman 1985).

Nos últimos anos tem havido um aumento na presença de campos eletromagnéticos em ampla faixa espectral, devido a aparelhos e máquinas industriais e

domésticas, redes de alta-tensão e dispositivos médicos. No entanto, estas radiações são apenas alguns dos produtos da civilização moderna que produzem campo magnético adicional, e que em muito excedem a presença natural desse fator (He *et al.* 2012). Contudo, pouco se sabe sobre os efeitos que a alteração deste fator pode trazer para o comportamento natural de colônias de vespas sociais e, mesmos em outros insetos sociais.

Visando contribuir para o conhecimento da interação entre campo magnético e comportamento de seres vivos, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito da alteração induzida do campo magnético sobre o comportamento da vespa social *Polistes versicolor*.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimentos magnetobiológicos foram conduzidos sobre duas colônias de *Polistes versicolor* (Olivier), localizadas no município de Batayporã (22°17'96"S; 53°15'77"W, clima subtropical úmido), estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, em março de 2013. Os parâmetros de campo geomagnético para esta região são: inclinação -29.3°, declinação -17.4°, intensidade horizontal $H = 0.19$ Oe, componente vertical $Z = -0.11$ Oe e intensidade total $F = 0.22$ Oe (1 Oe = 100 μ T. Oe é a sigla de Oersted).

Para avaliar possíveis mudanças comportamentais dos indivíduos, em atividades intra e extranidais, as colônias foram observadas pelo método animal focal, com auxílio de filmagem *in situ*, por monitoramento visual, que consiste em observar o indivíduo ininterruptamente ao longo de um período. Assim uma vespa por vez foi monitorada até terminar todos os indivíduos da colônia. Durante o processo de filmagem também foram feitas anotações complementares visando observar a parte posterior dos ninhos que não seria possível nas filmagens por conta do ângulo de fixação dos ninhos, além de quantificar a ocorrência de voos de orientação.

Como os indivíduos foram monitorados visualmente de forma contínua, através das filmagens, não foi necessário proceder a marcação das vespas, excluindo assim o stress ocasionado pela manipulação.

Para avaliar os efeitos da alteração do campo magnético, neste estudo foram observadas 41 vespas adultas fêmeas.

As observações totalizaram 1.230 minutos. Cada vespa foi monitorada ininterruptamente, por 30 minutos: 15 sob condição de campo magnético natural e 15 sob condição de campo magnético alterado.

Durante estas sessões foram quantificados e qualificados os atos que elas executavam na superfície do ninho e ainda cronometrado o tempo dispendido em atividades de forrageamento, assim como avaliado o resultado obtido após cada viagem.

Os intervalos de apenas 15 minutos em cada sessão foram utilizados para minimizar os efeitos das mudanças em outros fatores abióticos que poderiam ter influenciado os resultados.

Foram avaliadas as diferenças entre os repertórios de rainhas e operárias sob as duas condições experimentais. A rainha foi reconhecida por meio de observações prévias, nas quais foram avaliados os comportamentos de dominância e posicionamento no favo. Alguns comportamentos podem auxiliar na determinação da relação de dominantes e subordinadas na colônia, como atos de oviposição, comportamentos agressivos entre as fêmeas, como, por exemplo, a movimentação brusca contra outro indivíduo, morder e se posicionar sobre a subordinada, além da permanência por maior parte do tempo no centro da colônia sobre as células por parte da dominante (West-Eberhard 1969; Jeanne 1972).

Para garantir a homogeneização das condições, todas as colônias foram observadas em estágio de pós-emergência (Jeane 1972), no qual há um maior número de operárias envolvidas na atividade forrageadora. Ainda, para garantir uma maior amostragem, durante cada sessão as observações foram realizadas em horários de maior atividade entre 9:00 às 15:00 horas (Andrade & Prezoto 2001; Lima & Prezoto 2003; Elisei *et al.* 2005; Elpino-Campos *et al.* 2007).

Para avaliar os efeitos da alteração do campo magnético as colônias foram avaliadas em duas condições: sob campo magnético natural (CMN) que corresponde ao campo geomagnético local a cerca de 30 μ T e, sob campo magnético adicional de 540 μ T (CMA), similar ao gerado por correntes elétricas em edificações humanas.

Para a alteração do campo magnético natural foi utilizada bobinas de Helmholtz, conforme modelo adaptado de Gonçalves *et al.* (2009). O aparato utilizado consistiu em um par de bobinas de Helmholtz com 30 cm de diâmetro, orientadas na direção Leste-Oeste; com 46 espiras de fio de cobre de 15 AWG (secção transversal de 1.5 mm²) envernizadas e sobrepostas, de forma a ocupar uma extensão de 2 cm. O par de bobinas foi alimentado por uma fonte elétrica digital, que forneceu uma corrente de 1.16 A e uma voltagem constante de 15V, gerando um campo magnético quase uniforme entre as bobinas (intensidade total 5.4 Oe).

Cada bobina foi posicionada a 2 cm da borda do ninho, e as bordas do ninho estavam a cerca de 5 cm a partir do meio do ninho. O campo magnético foi monitorado utilizando um magnetômetro de eixo único (GlobalMag, modelo TLMP-Hall-050).

A alteração dos comportamentos executados por rainha e operárias foi avaliada com base nos parâmetros descritos por Zara & Balestieri (2000) para a espécie, e os atos comportamentais foram agrupados em categorias como descrito em Torres *et al.* (2009).

Os tempos dispendidos em atividades intra e extranidais foram testados com o teste χ^2 com $\alpha=0.05$ e proporções iguais esperadas. E as diferenças nas frequências com que rainhas e operárias executaram seu repertório comportamental sob as duas diferentes condições de campo magnético foram avaliadas pelo teste t de Student, com $\alpha=0.05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tempo que as vespas dedicaram às atividades intranidais e extranidais foram significativamente diferentes entre as duas condições experimentais, e houve variação no número de vespas envolvidas em cada atividade: para atividades intranidais no primeiro período (CMN) foram observados 589 minutos e 50 segundos e, no segundo período (CMA) 501 minutos e 37 segundos. O teste χ^2 indicou que os tempos dedicados a essas atividades diferiram significativamente entre os dois períodos ($\chi^2 = 7.131$; $p < 0.05$; 1 GL).

Com relação a atividades extranidais foram dispendidos 25 minutos e 10 segundos em CMN e 113 minutos e 23 segundos em CMA, indicando diferença significativa ($\chi^2 = 56.177$; $p < 0.05$; 1 GL) entre eles. Assim as vespas permaneceram mais tempo que o esperado executando atividades externas em CMA, indicando que a adição de campo magnético pode ter estimulado, de alguma forma, a atividade forrageadora ou ainda de certa maneira ter causado algum efeito repulsivo.

Em CMN 32 vespas realizaram somente atividades intranidais, mas em CMA houve redução neste número para 26. Visto que, na realização de atividades intra e extranidais de nove vespas que as executavam em CMN, houve incremento chegando a 15 vespas com dedicação aos dois tipos de tarefas em CMA.

Parece, portanto, que a alteração das condições de campo magnético local pode afetar a ontogenia comportamental de fêmeas na colônia, ou seja, alterar o polietismo temporal. Já que nas vespas sociais as interações ou conectividade entre os membros da colônia podem afetar a forma de divisão do trabalho, visto que as informações compartilhadas entre os membros da colônia aumentam a eficiência das tomadas de

decisões comportamentais (O'Donnell 2001). Assim, as operárias podem decidir executar determinada tarefa com base na percepção de informações locais.

Dos 22 atos comportamentais descritos por Zara & Balestieri (2000) foram identificados 18, sendo dez executados por rainhas e 16 por operárias, com oito atos em comum entre as castas, dois exclusivos do repertório de rainhas e oito exclusivos de operárias.

Os comportamentos executados por rainhas (Fig. 1) e por operárias (Fig. 2) em CMN e CMA, não diferiram estatisticamente (rainhas $t = 0.4714$; $p > 0.05$; 8GL e operárias $t = -1.8764$; $p > 0.05$; 15 GL) na análise conjunta dos dados, mas é possível destacar variações na execução de alguns atos comportamentais dentro de suas categorias (Tab. 1).

As rainhas executaram somente atividades intranidais nos dois períodos analisados. Em condição de CMN os comportamentos mais executados foram (Tab. 1): permanecer imóvel e comportamento dominante, e em CMA foram, permanecer imóvel e dar alarme, sendo que este último mostra que a alteração nas condições normais pode ter gerado perturbação na colônia.

Já as operárias realizaram tanto atividades intra quanto extranidais, nos dois períodos analisados. Sob as condições de CMN e CMA os comportamentos mais executados foram (Tab. 1): permanecer imóvel e autolimpeza.

Outro indício de perturbação em rainhas foi que, na categoria atividade social, o comportamento de dominar da rainha foi menor em CMA ($n=2$) do que em CMN ($n=5$), podendo indicar uma preocupação maior das rainhas com outras atividades como dar alarme, por exemplo, que não a manutenção da hierarquia de dominância.

No entanto em operárias os atos: trofalaxis adulto-adulto (CMN $n= 7$; CMA $n= 16$; +128%), comportamento dominante (CMN $n= 0$; CMA $n= 11$), e de subordinação

(CMN n= 5; CMA n= 13; +160%), tiveram suas frequências aumentadas em campo magnético alterado. É importante notar que o comportamento de dominar em operárias não havia sido executado em CMN e em CMA foi observado 11 vezes, o que indica que o campo magnético adicional pode de fato gerar perturbação a ponto de aumentar o nível de stress e, portanto, a agressividade entre operárias de diferentes níveis hierárquicos.

Para as operárias os atos de trofalaxis larva-adulto (CMN n=23; CMA n=16; -30%;) e alimentar larvas (CMN n= 10; CMA n= 8; -20%) diminuíram suas frequências em campo magnético alterado. Estes atos se encontram relacionados uma vez que a alimentação das larvas propicia os elementos para que elas possam produzir em maior quantidade suas secreções. Assim larvas alimentadas por adultos tem condições de produzir secreções que serão ingeridas por eles (Wilson 1971)

As rainhas ovipositaram somente no período em que o campo magnético foi alterado, esse fato pode indicar outro efeito gerado pela alteração do campo magnético local, podendo induzir não só a alteração comportamental, mas também a fisiológica. Em operárias em nenhuma das condições elas foram observadas ovipondo.

Quanto às atividades de manutenção do ninho as rainhas executaram mais os atos de verificar as células (n=2) e dar alarme (n=3) em CMA do que em CMN (n=1; 1). Contudo a atividade de vibrar o gáster foi observada somente em CMN. Estes resultados demonstram que, de fato, o campo adicional pode gerar algum tipo de perturbação, uma vez que além do comportamento de alarme, aumentou também o ato de inspecionar células, provavelmente na busca de uma possível fonte de perturbação.

Contudo, assim como no caso das rainhas em CMA, as operárias aumentaram a frequência dos atos de verificar células (CMN n= 41; CMA n= 48; +17%), dar alarme (CMN n= 13; CMA n= 37; +185%), e ainda adicionar secreção bucal ao pecíolo (CMN

n= 1; CMA n= 2). No entanto, houve diminuição de adicionar material a células (CMN n= 12; CMA n= 7; -41%) em campo magnético alterado. Mais uma vez, os resultados demonstram que o campo adicional deve gerar algum nível de stress na colônia, uma vez com o comportamento de alarme, durante a movimentação do gáster pode haver liberação de feromônios de alarme (Giannotti 1992; Zara & Balestieiri 2000), que são produzidos em condições de perigo imediato ou potencial, gerando como resposta: proteção, dispersão, agitação, agregação e/ou recrutamento (Matthews & Matthews 2010).

Assim esse comportamento pode ter propiciado o retorno prematuro de operárias forrageadoras das imediações podendo ter levado ao abortamento da coleta de recursos, proporcionando o aumento consequente no número de forrageamento malsucedido, assim como a redução da adição de material a células e menor número de larvas alimentadas. A liberação destes feromônios pode ter levado também ao aumento no número de indivíduos que saíram do ninho, podendo indicar estímulo à atividade forrageadora, patrulhamento das imediações ou fuga temporária.

Na categoria inatividade, o ato de permanecer imóvel diminuiu nas rainhas, durante o CMA, provavelmente porque gerou o aumento na frequência da execução de outros comportamentos, indicando mais uma vez que a alteração dos padrões normais pode gerar algum tipo de perturbação ou stress na colônia. Já em operárias permanecer imóvel se manteve constante. Assim como atos ligados a categoria de atividades não específicas que parecem não ter sofrido qualquer tipo de alteração em rainhas e operárias (Tab. 1).

Já atividade forrageadora não foi executada pelas rainhas em nenhum dos períodos analisados. Segundo Giannotti & Machado (1999) em *Polistes lanio* e Zara & Balestieri (2000) em *Polistes versicolor* é comum que as rainhas permaneçam a maior

parte do tempo no ninho, sobre as células enquanto as operárias gastam um tempo maior com forrageamento. As rainhas se dedicam mais as atividades intranidais, uma vez que evitam atividades de alto custo energético e de risco (Strassmann *et al.* 1984; O'Donnell 1998).

Para as operárias, o número de viagens bem-sucedidas foi constante para busca de néctar, mas aumentou para busca de presas em CMA (CMN $n=2$; CMA $n=5$; +150%). Por outro lado, houve um aumento no número de voos de orientação e de viagens malsucedidas (CMN $n=1$; CMA $n=9$; +800%), durante o período em que houve adição no campo magnético. Ainda que parte das atividades de forrageio pareça não ter sido alterada, é possível que as operárias que já estavam fora do ninho possam perceber algum efeito de desorientação, uma vez que houve aumento no número de voos de orientação.

Este tipo de voo é pouco comum, já que eles ocorrem em geral quando as operárias são jovens como forma de adquirir informação visual para ser usada durante o forrageamento, e tende a ser menos intenso ao longo do tempo de vida dos himenópteros (Wei & Dyer 2009), sendo que a realização destes voos por indivíduos mais velhos pode indicar uma resposta a incertezas ou mudanças ambientais (Wei *et al.* 2002).

Em CMN somente uma vespa não trouxe recurso, executando o chamado forrageamento malsucedido, que pode ser reflexo simplesmente de possível defecação externa como relatada por Zara & Balestieri (2000), diferente do segundo período de observação onde a frequência de forrageamento malsucedido representou 35% de toda atividade forrageadora, podendo refletir também alguma desorientação experimentada pela adição no campo magnético local.

Desta forma, é possível inferir que a alteração nas condições normais de campo magnético pode afetar aspectos intrínsecos da colônia como: o tempo de dedicação às atividades intra e extranidais, assim como o número de indivíduos envolvidos na realização dessas tarefas.

Portanto, pode interferir na manutenção da homeostase colonial, já que mais indivíduos deixam a colônia e permanecem mais tempo fora dela, podendo comprometer a execução de atividades internas no ninho, além de aumentar a possibilidade de perda de indivíduos devido a riscos associados ao forrageamento.

O CMA pode ainda modificar relações de disputa hierárquica dentro da colônia, já que os atos de dominação foram intensificados entre as operárias e diminuídos entre as rainhas. Sendo notável também a variação na frequência de dar alarme podendo indicar uma interpretação por parte da colônia de perturbação ambiental, e ainda o fato da oviposição ocorrer somente em CMA representando possível alteração comportamental e até mesmo fisiológica.

Tabela 1: Catálogo comportamental com a frequência absoluta de execução dos atos comportamentais de Rainhas e Operárias em colônias de *Polistes versicolor* em condições de Campo Magnético Natural (CMN) e de Campo Magnético Alterado (CMA), agrupados em seis categorias comportamentais.

CATEGORIAS	Rainhas		Operárias	
	CMN	CMA	CMN	CMA
Atividade Social				
Trofalaxis Adulto-Adulto	1	1	7	16
Trofalaxis Larva-Adulto	5	-	23	16
Alimentar Larvas	-	1	10	8
Comportamento Dominante	-	2	-	11
Comportamento de Subordinação	-	-	5	13
Oviposição				
Ovipositar	-	2	-	-
Atividade de Manutenção do Ninho				
Verificar Células	1	2	41	48
Adicionar Material a Células	-	-	12	7
Adicionar Secreção Bucal ao				
Pecíolo	-	-	1	2
Vibrar Gáster	1	-	-	-
Dar Alarme	1	3	13	37
Inatividade				
Permanecer Imóvel	8	4	101	100
Nenhuma Atividade Específica				
Autolimpeza	3	2	69	68
Atividade Forrageadora				
Voo de Orientação	-	-	0	8
Forrageamento de Presa	-	-	2	5
Forrageamento de Néctar	-	-	2	2
Forrageamento de Polpa	-	-	6	2
Forrageamento Mal Sucedido	-	-	1	9

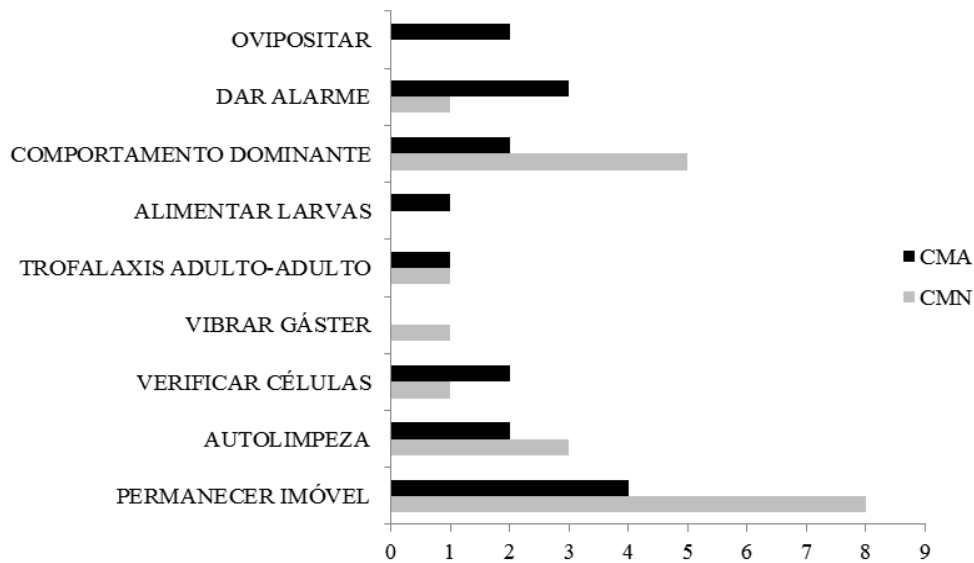


Figura 1: Atos comportamentais executados pelas rainhas de colônias de *Polistes versicolor*, sobre Campo Magnético Natural (CMN) e, Campo Magnético Adicional (CMA).



Figura 2: Atos comportamentais executados pelas operárias de colônias de *Polistes versicolor*, sobre Campo Magnético Natural (CMN) e, Campo Magnético Adicional (CMA).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Janet W. Reid (JWR Associates) pela revisão do texto em Inglês. Agradecemos a CAPES pela bolsa de doutorado da primeira autora. WFAJ agradece a bolsa de produtividade do CNPq. DAA agradece o suporte financeiro do CNPq.

REFERÊNCIAS

- Andrade, F.R. & Prezoto, F. 2001. Horários de atividade forrageadora e material coletado por *Polistes ferreri* Saussure, 1853 (Hymenoptera, Vespidae), nas diferentes fases de seu ciclo biológico. *Revista Brasileira de Zoociências*, 3: 117-128.
- Becker, G. 1976. Reaction of termites to weak alternating magnetic fields. *Naturwissenschaften*. 63: 201-202. [DOI: 10.1007/BF00624232](https://doi.org/10.1007/BF00624232)
- Elisei, T., Ribeiro-Júnior, C., Guimarães, D.L. & Prezoto, F. 2005. Foraging activity and nesting of swarm-founding wasp *Synoecca cyanea* (Fabricius, 1775) (Hymenoptera, Vespidae, Epiponini). *Sociobiology*, 46: 317-327.
- Elpino-Campos, A., Del-Claro, K. & Prezoto, F. 2007. Diversity of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) in Cerrado fragments of Uberlândia, Minas Gerais State, Brazil. *Neotropical Entomology*, 36: 685-692.
- Giannotti, E. 1992. Estudos biológicos e etológicos da vespa social neotropical *Polistes (Aphanilopterus) lanio lanio* (Fabricius, 1775) (Hymenoptera, Vespidae). Tese de doutorado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista. 212p.
- Gobbi, N. 1977. Ecologia de *Polistes versicolor*. Tese (Doutorado em Genética). USP, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto. 229p.

Gobbi, N. & Zucchi, R. 1980. On the ecology of *Polistes versicolor versicolor* (Olivier) in southern Brazil. (Hymenoptera, Vespidae, Polistini). I – Phenological account. *Naturalia*, 5: 97-104.

Gonçalves, C.G.B.; Medeiros, C.; Oliveira Junior, J. & Lima, D. 2009. Aparato para condução de experimentos em laboratórios dos efeitos do campo magnético sobre organismos aquáticos. *Tropical Oceanography*, 37: 30-40.

Gould., J.L.; Kirschvink, J.L. & Deffeyes, K.S. 1978. Bees have magnetic remanence. *Science*, 201: 1026-1028.

He, J.; Gao, H.; Zhao, H.; Monika, W.; Hu, Z. & Hu, X. 2012. Effect of static magnetic fields (SMF) on the viability and fecundity of aphid *Sitobion avenae* (Homoptera: Aphididae) under laboratory conditions. *Arch. Biol. Sci.* 64: 693-702.

Jeanne, R.L. 1972. Social biology of the neotropical wasp *Mischocyttarus drewseni*. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 144: 63-150.

Kisliuk, M. & Ishay, J. 1977. Influence of an additional magnetic field on hornet nest architecture. *Experientia*, 33: 885-887.

Korall H. 1978. Zeitdressuren an *Apis mellifica* unter künstlichen Magnetfeldbedingungen. Diplomarbeit, Zool. Inst. Univ. Würzburg.

- Leucht, T. 1984. Responses to light under varying magnetic conditions in the honeybee, *Apis mellifica*. Journal of Comparative Physiology A, 154: 865-870. DOI: 10.1007/BF00610687
- Lima, M.A.P. & Prezoto, F. 2003. Foraging activity rhythm in the neotropical swarm-founding wasp *Polybia platycephala sylvestris* (Hymenoptera: Vespidae) in different seasons of the year. Sociobiology, 42: 745-752.
- Lindauer, M. 1985. The dance language of honeybees: the history of a discovery. In Hölldobler, B.; Lindauer, M. Editors. Experimental Behavioural Ecology and Sociobiology. pp. 129-140.
- Martin, H. & Lindauer, M. 1977. Der Einfluss des Erdmagnetfelders auf die Schwereorientierung der Honigbiene (*Apis mellifica*). J. Comp. Physiol. 122: 145-187.
- Matthews, R.W. & Matthews, J.R. 2010. Insect Behavior. 2ed. New York, Springer Dordrecht Heidelberg London, 519p.
- O'Donnell, S. 2001. Worker biting interactions and task performance in a swarm-founding eusocial (Hymenoptera: Vespidae). Behavioral Ecology 12: 353-359.
- Pardi, L. 1948. Ricerche sui Polistini. XI Sulla durata della permanenza delle femmine nel nido e Sull'accrescimento della societa in *Polistes gallicus* L. Atti. Soc. Tosc. Sci. Nat., 55: 3-15.

- Schneider, F. 1975. Gibt es sinnesphysiologisch wirksame Gravitationswellen?: Ein Problem der ultraoptischen Orientierung, vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zür. 120: 33-79.
- Yoshikawa, K. 1963. Introductory studies in the life economy of Polistine wasps. II Superindividual stage. 2. Division of labor among workers. Japanese Journal of Ecology, 13: 53-56.
- Walker, M.M. & Bitterman, M.E. 1985. Conditioned responding to magnetic fields by honeybees. Journal of Comparative Physiology A, 157: 67-71.[DOI: 10.1007/BF00611096](https://doi.org/10.1007/BF00611096)
- Wei, C.A. & Dyer, F.C. 2009. Investing in learning: why do honeybees, *Apis mellifera*, vary the duration of learning flights? Animal Behaviour, 77: 1165-1177.
- Wei, C.A., Rafalko, S.L. & Dyer, F.C. 2002. Deciding to learn: modulation of learning flights in honeybees, *Apis mellifera*. Journal of Comparative Physiology A, 188: 725-737.
- West-Eberhard, M.J. 1969. The Social Biology of Polistine Wasps. Miscellaneous. Publications of the Museum of Zoology, University.
- Wilson E.O. 1971. The Insect Societies. Belknap Press, Cambridge, Mass.,USA, 548p.

Zara, J.F. & Balestieri, J.B.P. 2000. Behavioural catalogue of *Polistes versicolor* post emergent colonies (V Vespidae: Polistinae). Naturalia, 25: 301-319.

ANEXOS



EntomoBrasilis - Periódico Online

Normas para Publicação

Versão 2.5 - Março 2014

Apresentamos a **versão 2.5** das normas para submissão de manuscritos ao periódico online EntomoBrasilis. Esta é uma versão de atualização, objetivando a melhoria e propiciar facilidade no processo da composição dos manuscritos por parte dos autores e objetiva também uma maior agilidade nos processo de editoração e mesmo de possíveis correções.

Todo o periódico é gerenciado pelo **Open Journal System (OJS)**, permitindo o maior agilidade no processo de avaliação dos manuscrito e no processo de editoração. Toda comunicação é realizada via o sistema que encontra-se hospedado no site do projeto Entomologistas do Brasil.

O trabalho dos diversos doutores que compõe o corpo editorial e os consultores *ad hoc*, é realizado de forma colaborativa, sem remuneração, mas realizado com reconhecimento científico, pela contribuição que presta à ciência.

Esta norma ainda inclui um tutorial básico, para auxiliar os autores no processo de submissão dos manuscritos no sistema eletrônico do periódico, o Open Journal System (OJS).

1. DESCRIÇÃO GERAL

O periódico EntomoBrasilis publica artigos originais em português, espanhol ou inglês, que venham a contribuir com o conhecimento científico da entomologia brasileira e mundial.

Trabalhos submetidos, com resultados, experimentação realizados fora do Brasil, poderão ser aceitos, a critério do corpo editorial.

2. PREPARO DO MANUSCRITO

Sugerimos que o software **EntomoBrasilis Check List** seja **adquirido gratuitamente** no site do periódico. Este software permitirá sanar as dúvidas e nortear os autores nos requisitos básico a serem cumpridos pelos artigos, antes de ser submetidos aos consultores.

As seguintes normas devem ser observadas antes da submissão do manuscrito:

- Os manuscritos devem ser enviados somente via o portal do periódico (www.periodico.ebras.bio.br/ojs).
- O texto deve ser editado, de preferência, em Microsoft Word™ ou BrOffice.org Writer™ (LibreOffice Writer™);
- Página formato A4, usando fonte Times New Roman tamanho 12, espaço 1,5 entre as linhas, **parágrafo justificada a esquerda e a direita**;
- As páginas numeradas no cabeçalho;
- Linhas numeradas e reiniciadas a cada página.**
- Fonte Times New Roman também para as legendas das figuras e dos gráficos.
- Apenas tabelas e gráficos podem ser incorporados no arquivo contendo o texto do manuscrito. Em páginas separadas, desde que, o arquivo não ultrapasse **2MB**.
- A fonte utilizada nas tabelas poderá ser menor que 12, mas em um tamanho que seja suficiente para a compreensão do leitor.
- Figuras em formato digital devem ser enviados em arquivos separados, com, no mínimo, **300 dpi** de resolução para fotos coloridas e **600 dpi** para desenhos a traço e fotos branco e preto. Todas as figuras devem ter formato **tiff** (compactação **LZW**) ou **jpeg sem compactação, podendo ser aceito arquivo no formato png, com 32 bits**.
- Os gráficos deverão ser criados no BrOffice.org Calc™ (LibreOffice.org Calc™) ou Microsoft Excel™. **São aceitos gráficos criados no SigmaPlot® v. 12 e Statistica® v7.0.**
- Na criação dos gráficos usar a fonte Georgia ou Times New Roman;**
- Fórmulas e equações deverão ser elaboradas com o uso do

BrOffice.org Math™ (LibreOffice.org Math™) ou Microsoft Equation™ ou Microsoft Word™ 2007.

O manuscrito deve começar com uma página de rosto, contendo: Título do trabalho. Não indicar o nome dos autores nem afiliação, pois o OJS requer este dados para iniciar a submissão, garantindo assim uma avaliação as cegas (anônima).

Na página 2, apresentar **o título do trabalho em inglês** na linha abaixo iniciar o **Abstract**, com no máximo 250 palavras e em parágrafo único; **Keywords**, em inglês, em ordem alfabética e no máximo cinco e separadas por ponto e vírgula.

Exemplo:

Ant Diversity in Atlantic Forest Fragment

Abstract. The aim of the work was study the ant diversity in Atlantic Forest fragment...

Keywords: Conservation; Dominance; Equitability; Simpson Index

Na página 3, virá o **Resumo** em português e as **Palavras-Chave**, equivalentes às **Keywords**. **Não usar palavras que constem do título do artigo.** Dispor as palavras (termos) em ordem alfabética e separadas por **ponto e vírgula**, inclusive as **Keywords**.

Exemplo:

Resumo. O objetivo deste trabalho foi estudar a diversidade de formigas em fragmento de Floresta Atlântica...

Palavras-Chave: Conservação; Dominância; Equitabilidade; Índice de Simpson

Caso o trabalho seja em **inglês ou espanhol**, iniciar a página 2 com o **Resumo** em português e na página 3 como o **resumo no idioma do artigo**.

Caso no título seja informado o nome de alguma espécie está devida ter o nome do(s) autor(es) que a decreveu, sem citar o ano da publicação, mesmo na seção Taxonomia e Sistemática.

Na página 4 deve ser iniciada a Introdução, **sem a necessidade de indicar a palavra**. Em seguida deve vir o item **Material e Métodos**, que deve ser bem explicitado, sem exageros (por. Ex.: Foram utilizados lápis, planilha e prancheta para anotar os dados...), mas o suficiente para que possa ser repetido por outros pesquisadores. O item **Resultados e Discussão** pode vir juntos ou em separado e nele deverá constar as conclusões, pois este item não será explicitado no artigo.

No corpo do texto, os nomes do grupo-gênero e do grupo-espécie devem ser escritos em itálico. Os nomes científicos devem ser seguidos de autor (**não usar Versalete ou SmallCaps**), pelo menos na primeira vez (**não há necessidade de citar o ano da descrição, exceto na seção sistemática e taxonomia, que é opcional**) (ex.: *Camponotus crassus* Mayr). Na segunda citação da espécie em diante, o gênero deve ser abreviado e o nome do autor não deve ser citado (ex.: *C. crassus*). **Notem que o Resumo/ Abstract, apesar de ser parte integrante do artigo/comunicação científica, a regra da citação da espécie vale como se fosse um texto a parte, portanto há a necessidade de somente especificar o nome da espécie por extenso uma vez, independente se esta consta no título.** Não usar sinais de marcação, de ênfase, ou quaisquer outros.

Conforme o caso, a Conselho Editorial decidirá como proceder. Símbolos, mesmo os conhecidos, deverão ser indicados num glossário ao final do texto após a **Referências** e em ordem de listagem no texto.

Citações devem ser feitas em caixa alta reduzida (VERSALETE¹ ou SMALLCAPS), com a primeira letra maiúscula e devem ser citadas da seguinte forma:

1. Apenas um autor: ZANOL (2006); (RODRIGUES 2014);
2. Mais de dois autores: RODRIGUES *et al.* (2010); (RODRIGUES *et al.* 2010).
3. Dentro do parêntese: (CASSINO & RODRIGUES 2005; RODRIGUES 2005; RODRIGUES 2006; ZANOL 2006; RODRIGUES & CASSINO 2011; CASSINO & RODRIGUES 2012), note que está em ordem cronológica, *em primeiro lugar seguido de ordem alfabética crescentes*;
4. Quando o(s) autor(es) publicar(em) mais de um trabalho no mesmo ano: RODRIGUES (2010a, 2010b) ou (RODRIGUES 2005a, 2005b);
5. Quando publicar trabalhos em vários anos: RODRIGUES (2005, 2010) ou (CASSINO *et al.* 2002, 2005; RODRIGUES 2005, 2010).

Verifique que o termo *et al.* está em itálico, sendo utilizado para citar mais de dois autores.

Exemplo:

Os dados de diversidade, equitabilidade e dominância de espécies foram analisados através do software DivEs - Diversidade de Espécies v3.0 (RODRIGUES 2014)...

Os insetos foram observados com uma ampla distribuição no Rio de Janeiro, mas somente em três municípios (Seropédica, Araruama e Saquarema), verificou-se a presença das 10 espécies (CASSINO & RODRIGUES 2005).

2.1. Figuras/Imagens/Gráficos/Tabelas

As figuras (fotografias, desenhos, gráficos e mapas) devem ser sempre numeradas com algarismos *arábicos* e, na ordem de chamada no texto. As escalas, quando necessárias, devem ser colocadas na posição vertical ou horizontal. As tabelas devem ser numeradas com algarismos *arábicos* e incluídas, no final do texto em páginas separadas. Se necessário, gráficos podem ser incluídos no arquivo do texto e, como as tabelas, deverão vir no final do texto, mas é necessário indicar a posição preferencial² onde devem ser inseridas as tabelas ou figuras no texto com uma chamada de texto em negrito e centralizada. *Para melhorar a qualidade dos gráficos, serão solicitados os arquivos originais em planilha eletrônico ou em software de geração de gráfico. Estimula-se o envio de gráficos coloridos.*

Exemplos:

Segundo os dados analisados do trabalho as espécies dominantes foram... (Tabela 1).

Tabela 1

A flutuação populacional das espécies dominantes teve maior pico nos meses mais quentes... (Figura 1).

Figura 1

As figuras em formato digital deverão ser enviadas em arquivos separados (*Não enviar inserido em arquivo texto, tipo Word ou similar, o que torna a qualidade das imagens ruins*). O tamanho da prancha deve ser proporcional ao espelho da página (23 x 17,5 cm), de preferência não superior a duas vezes. Para a numeração das figuras utilizar *Times New Roman 11*, com o número colocado à direita e abaixo. Isto só deve ser aplicado para as pranchas quando em seu tamanho final de publicação. A fonte *Times New Roman* deve ser usada também para rotulagem inserida em fotos, desenhos e mapas (letras ou números utilizados para indicar nomes das estruturas, abreviaturas etc.), *o uso de outro tipo de letra (fonte) pode resultar na recusa do artigo/comunicação científica*. As figuras devem possuir tamanho apropriado de modo que em seu tamanho final não fiquem mais destacados

1. No Microsoft WordTM selecione a citação e pressione ao mesmo tempo Ctrl+Shift+K.
2. No processo de composição do texto do artigo/comunicação científica a posição da figura/tabela pode sofrer alteração em função da melhor posição na editoração eletrônica.

que as figuras propriamente ditas. As figuras originais não devem conter nenhuma marcação. O Conselho Editorial poderá fazer alterações ou solicitar aos autores uma nova montagem. Fotos (preto e branco ou coloridas) e desenhos a traço devem ser montados em pranchas distintas. As legendas das figuras devem ser apresentadas em página à parte, de preferência ao final do texto. O periódico poderá digitalizar o material com custo. *Estimula-se o envio de figuras coloridas, melhorando a qualidade dos artigos.*

Todas as figuras, esquemas, infográficos, imagens, etc. *devem apresentar a fonte ou autoria no final da legenda*. Caso nenhum dos autores do artigo seja autor da foto será necessário o envio de uma autorização assinada concedendo o uso da imagem pela EntomoBrasilis. O modelo da carta encontra-se no site. A carta deverá ser assinada pelo(s) autor(es) da foto e enviada, *no formato PDF*, via e-mail para periodico@ebras.bio.br.

Os **Agradecimentos** devem ser relacionados no final do trabalho, imediatamente antes das **Referências**. Sugere-se que os autores sejam sucintos e objetivos quando possível, *evitando citar nomes que permita a identificação da autoria, principalmente*.

2.2. REFERÊNCIAS

Não serão aceitas referências de artigos não publicado (no prelo), tão pouco comunicação pessoal ou dados não publicados. Para melhor padronização das referências, recomenda-se *baixar gratuitamente* o software *EntomoBrasilis - Gerenciador de Referências*, no site do periódico.

Para as **Referências**, adota-se o seguinte padrão:

2.2.1. Periódicos - O título do periódico deve ser **escritos por extenso**. Informar somente o volume e as páginas do periódico, ou seja, não há necessidade de informar o número:

Cassino, P.C.R. & W.C. Rodrigues, 2005. Distribuição de Insetos Fitófagos (Hemiptera: Sternorrhyncha) em Plantas Cítricas no Estado do Rio de Janeiro. *Neotropical Entomology*, 34: 1017-1021.

Dáttilo, W., E.C. Marques, J.C.F. Falcão & D.D.O. Moreira, 2009. Interações mutualísticas entre formigas e plantas. *EntomoBrasilis*, 2: 32-36. Disponível em: <www.periodico.ebras.bio.br/ojs/index.php/ebras/article/view/44/72>

2.2.2. Livros:

Haddad, M.L., J.R.P. Parra & R.C.B. Moraes, 1999. Métodos para estimar os limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento de insetos. Piracicaba, FEALQ, 29p.

Pinto-Coelho, R.M., 2000. Fundamentos em ecologia. Porto Alegre, Artmed, 252p.

Schowalter, T.D., 2006. *Insect Ecology: an ecosystem approach*, 2nd Ed. San Diego, Elsevier, 572p.

2.2.3. Capítulo de livro:

Silva-Filho, R., P.C.R. Cassino, E.C. Viegas & J.C. Perruso, 2004. "PIOLHO BRANCO" *Orthezia praelonga*, p. 27-48. In: Cassino, P.C.R. & W.C. Rodrigues (Eds.). *Citricultura Fluminense: Principais pragas e seus inimigos naturais*. Seropédica, EDUR, 168p.

2.2.4. Publicações eletrônicas:

Cassino, P.C.R., F. Racca-Filho, S.R. Lacerda, G.P. Furusawa & W.C. Rodrigues, 2004. Entomofauna de Fragmento de Floresta Atlântica, Morro Azul, Município de Eng. Paulo de Frontin, RJ. *Info Insetos*, 1: 1-7. Disponível em: <www.infoinsetos.ebras.bio.br>. [Acesso em: 17.07.2004].

Rodrigues, W.C., 2004. Utilização da Informática na Entomologia. *Info Insetos*, 1: 1-10. Disponível em: <www.ebras.bio.br>. [Acesso em: 15.07.2004].

Francini, R.B. & C.M. Penz, 2006. An illustrated key to male Actinote from Southeastern Brazil (Lepidoptera, Nymphalidae). *Biota Neotropica* 6: BN00606012006.

<<http://www.biotaneotropica.org.br/v6n1/pt/abstract?identification-key=bno0606012006>>. [Acesso em: 31.03.2014]

2.2.5. Softwares:

- Cowell, R.K., 2006. EstimateS - Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versão 8.2. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>>.
- Rodrigues, W.C., 2012. Lizaro Test-T v2.0. Disponível em: <www.lizarosoft.ebras.bio.br/softwares.asp>.
- Rodrigues, W.C., 2014. DivEs - Diversidade de espécies. Versão 3.0. Software e Guia do Usuário. Disponível em: <www.dives.ebras.bio.br>.
- R Core Team, 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>.

2.2.6. Boletim

Arioli, C.J., F. Molinari, M. Botton & M.S. Garcia, 2007. Técnica de criação de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) em laboratório utilizando dieta artificial para a produção de insetos visando estudos de comportamento e controle. Bento Gonçalves: EMBRAPA (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 13), 12p.

2.2.7. Dissertação/Tese

- Rodrigues, W.C., 2001. Insetos entomófagos de fitoparasitos (Homoptera, Sternorrhyncha) de plantas cítricas no Estado do Rio de Janeiro: ocorrência e distribuição. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 90 p.
- Rodrigues, W.C., 2004. Homópteros (Homoptera: Sternorrhyncha) Associados à Tangerina CV. Poncã (Citrus reticulada Blanco) em Cultivo Orgânico e a Interação com Predadores e Formigas). Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 63 p.

Referências a resumos de eventos não são permitidas e deve-se evitar a citação de dissertações e teses, só serão aceitos resumos de eventos publicados na forma expandida e/ou como suplemento de periódicos.

Citações de Trabalhos de Conclusão de Curso não são aceitos pela EntomoBrasilis, assim como trabalhos no prelo ou comunicações pessoais.

A forma de citação de resumos expandidos e/ou como suplemento de periódicos deverá respeitar a citação de artigos.

A citações de resumos expandidos limita-se a três (03) por submissão, devido a baixa precisão das informações contidas nestes trabalhos.

3. COMUNICAÇÕES CIENTÍFICAS

Nas Comunicações Científicas o texto deve ser corrido **sem divisão** em itens (**Material e Métodos, Resultados e Discussão**). Inclua o **Abstract** e o **Resumo** seguidos das **Keywords** e **Palavras-Chave**, respectivamente.

4. ARTIGOS DE REVISÃO (FÓRUM)

Trabalhos de revisão serão aceito a critério do Conselho Editorial, lembrando que somente um artigo de revisão será publicado no forma de Fórum, por número, ou seja, serão publicado até três artigos de revisão por ano.

Os artigos de revisão deverão seguir os seguintes itens: **Título** (em português ou inglês ou espanhol), **Resumo e Abstract** (seguindo as regras de artigos originais) **Introdução** (omitindo-se este termo), **Revisão**, propriamente dita, dividida em tópicos e em sequência lógica, antes dos **Agradecimentos** e **Referências**, permite-se incluir um item **Considerações Finais**, porém sem características de conclusões.

Figuras, Tabelas, Infográficos são bem vindos em artigos de revisão, assim como em artigos/comunicações científicas, para

detalhes veja o item 2.1.

5. OUTRAS INFORMAÇÕES:

As cópias do texto submetido, juntamente com os pareceres dos consultores, serão enviadas ao autor correspondente indicado no momento da submissão do artigo, para que sejam feitas as correções/alterações sugeridas. **Alterações ou acréscimos ao texto enviados após o seu registro poderão ser recusados. Todo o processo é realizado através do OJS.**

Após a conclusão da avaliação, ou seja, após o parecer do Editor, não será permitida a inclusão ou retirada de autores da submissão.

Provas serão enviadas eletronicamente ao autor correspondente e deverão ser devolvidas, com as devidas correções, em documento anexo ou através do OJS, no tempo solicitado.

As provas são enviadas em formato PDF e podem **receber comentários** através das versões mais novas do software Adobe Reader™, entretanto sugere-se que os comentários sejam inserido também no sistema (OJS) da revista.

O teor científico do trabalho assim como a observância às normas gramaticais são de inteira responsabilidade do(s) autor(es), em qualquer idioma contido no texto.

Sugere-se aos autores que consultem a última edição do periódico para verificar o estilo e *layout*. **Ao submeter o manuscrito o autor poderá sugerir até três nomes de revisores (que possuam Currículo Lattes e preferencialmente sejam Doutores) para analisar o trabalho, enviando: nome completo, endereço e e-mail. Entretanto, a escolha final dos consultores permanecerá com Editor-Chefe e/ou os Editores de Seção.**

6. SEPARATAS:

Não serão fornecidas separatas. Os artigos estarão disponíveis no site do periódico EntomoBrasilis no formato PDF, para serem acessados livremente.

7. EXEMPLARES TESTEMUNHA:

Quando apropriado, o manuscrito deve mencionar a coleção da instituição onde podem ser encontrados os exemplares que documentam a identificação taxonômica.

8. RESPONSABILIDADE:

O teor gramatical, independente de idioma, e científico dos artigos é de inteira responsabilidade do(s) autor(es). O Conselho Editorial poderá sugerir mudanças ou mesmo rejeitar a publicação de artigos caso o teor gramatical seja considerado insuficiente ou não condizente com a linguagem científica e gramatical a qual encontra-se o idioma do texto.

9. COMITÊ DE ÉTICA:

Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar no item **Material e Métodos**, o número do protocolo de aprovação da pesquisa, o nome do comitê e instituição que está sediado/vinculado.

A omissão do dados acima solicitado implicará em recusa imediata do artigo/comunicação científica.

10. SUBMISSÃO DOS ARTIGOS

A submissão dos artigos será realizada somente via eletrônica, através do **Sistema de Gerenciamento de Periódicos o Open Journal System (OJS)** (www.periodico.ebras.bio.br/ojs), hospedado no site do projeto Entomologistas do Brasil. Para isso, o autor deve se cadastrar no sistema e submeter eletronicamente o arquivo na forma citada no item Preparo do Manuscrito.

Recomenda-se realizar o *checklist* do artigo/comunicação científica, através da ferramenta EntomoBrasilis CheckList, que pode ser adquirida gratuitamente no site do periódico.

11. VALOR PRATICADOS PARA DIAGRAMAÇÃO E PUBLICAÇÃO

Item	Valor (R\$)*
Diagramação, publicação e indexação de Fórum ¹	100,00
Diagramação, publicação e Indexação de Artigo ¹	60,00
Diagramação, publicação e Indexação de Comunicação Científica ¹	45,00
Adequação do texto às normas	85,00
Adequação das referências às normas	35,00
Adequação das citações às normas	35,00
Diagramação de tabela <i>menor</i> que <i>uma</i> página ²	20,00/cada item
Diagramação de tabela <i>maior</i> que <i>uma</i> página ²	30,00/cada página
Tratamento de imagem/figura ³	20,00/cada
Remontagem de gráfico	30,00

* Poderão ser alterados sem prévio aviso; ¹ Independente do número de páginas; ² Tratamento de tabela ou lista; ³ Tratamento, correções da figura (imagem, gráfico, mapa, etc.) feita no momento da diagramação.

O pagamento será feito através do PagSeguro, devendo o ser realizado no prazo estabelecido pelo boleto bancário. Maiores informações podem ser obtidas através do link: www.periodico.ebras.bio.br/payment_instructions.asp.

12. USANDO O OJS PARA SUBMETTER ARTIGOS

Após o cadastro de um dos autores, que poderá ser feito no site do periódico o mesmo deverá acessar a página do usuário e clicar no link autor.

A tela de **Submissões Ativas** será exibida. Para iniciar um novo processo de submissão, basta clicar no link **Clique aqui para iniciar o processo de Submissão**. A partir deste momento o autor responsável pela submissão irá ter que seguir 5 passos até completar o processo, como segue:

PASSO 1. INÍCIO**Condições de submissão**

O autor deverá concordar com todos os itens, marcando-os para que possa perseguir para o Passo 2. *É importante a leitura destas condições de submissão.*

Declaração de Direito Autoral

O autor deverá concordar com os termos da Declaração de Direito Autoral. *É importante a leitura destes termos.*

Seção

O autor seleciona a seção onde pretende publicar o manuscrito. Importante ressaltar que o Corpo Editorial poderá alterar a seção onde o artigo será submetido e ou publicado, caso venha ser aceito.

Comentários ao Editor

Comentários poderão ser adicionado ao Editor Chefe. Este espaço é destinado a qualquer uma das questões que envolve o Passo 1.

PASSO 2. INCLUSÃO DE METADADOS

Neste passo o autor irá incluir todos os autores do trabalho o título e resumo, indexação e órgão de financiamento.

Para a inclusão de cada autor, basta clicar no botão Incluir Autor, posicionado antes do campo Título.

Indexação

Latindex, SEER/IBICT, Scientific Commons, Dialnet, Harvester2, Agrobases - Literatura Agrícola, Sumários de Revistas Brasileiras, DOAJ, Qualis CAPES, CABI Abstracts, LivRe!, Academic Journals Database, GeoDados, RCAAP, Diadorim, Electronic Journals Library, WorldCat, Eletronic Journals Index, IndexCopernicus, EBSCO - Fonte Acadêmica, Libsearch, Zoobank, Zoological Records, Agro Unitau, Universal Impact Factor

É importante ressaltar, que cada autor deverá ter seu nome e e-mail cadastrados no seu respectivo local, para evitar problemas no momento da diagramação e publicação do artigo/comunicação científica.

Nos campos de indexação o responsável pela submissão deverá inserir as informações para os seguintes campos:

6. Palavras-chave: Ex.: Constância; Diversidade; Ecologia; Floresta Atlântica.

7. Idioma: Português=pt; English=en; French=fr; Spanish=es.

Estes campos são opcionais, mas auxiliam os sistemas de busca, tal como o Google Acadêmico a encontrar os seu artigo, caso ele venha a ser publicado, de maneira mais rápida.

Caso seu trabalho possua financiamento, indique no campo **Agências de Fomento**, o(s) órgão(s) que forneceram auxílio para desenvolver sua pesquisa, podendo ainda ser incluído o número do processo pertinente ao projeto.

PASSO 3. TRANSFERÊNCIA DO MANUSCRITO

Para submeter o arquivo contendo o manuscrito a ser avaliado, basta ler as instruções constantes na tela de transferência do manuscrito.

Verifique, que o tamanho máximo do manuscrito *não poderá exceder 2 MB (dois megabytes)*, pois o sistema possui limitações quanto a este quesito. Caso o tamanho do arquivo exceda os 2 MB, mova as tabelas e gráficos do arquivo principal e submeta estes itens do manuscrito através de documentos suplementares, como consta no Passo 4.

O formato do manuscrito poderá ser Microsoft Word™ (.doc) inclusive .docx, Rich Text Format (.rtf), aceito por todos editores e processadores de texto. O formato do OpenOffice™ (BrOffice™ ou LibreOffice™) *atualmente não é aceito*, portanto prefira os formatos acima citados, que são compatíveis com este processador de texto.

PASSO 4. TRANSFERÊNCIA DE DOCUMENTOS SUPLEMENTARES

Todos as *fotos, figuras, mapas, etc.* a serem avaliadas, devem ser submetidas através deste passo, reduzindo o tamanho do arquivo principal e agilizando o processo de diagramação, caso o manuscrito venha ser aceito para publicação.

Os formatos dos documentos suplementares poderão ser os seguintes: .jpg ou .gif ou .tif ou .png (para figuras); .rar ou .zip (figuras muito grandes, prefira .rar, por diminuir significativamente o tamanho do arquivo); .doc ou .docx ou .xls ou .xlsx, para gráficos e tabelas muito extensas, caso o tamanho do manuscrito ultrapasse os **5 MB** permitidos.

PASSO 5. CONFIRMAÇÃO

Este passo é para a confirmação do processo de submissão do manuscrito. A partir desta confirmação o **Editor Chefe** encaminhará o manuscrito para o processo de avaliação, selecionando um Editor de Seção, que será responsável por selecionar o consultores *Adhoc* e acompanhar todo o processo até o momento da edição do texto final, caso o manuscrito venha ser aceito para publicação.

Revisão: 31.03.2014



Creative Commons Licence v3.0



e-ISSN 1983-0572



Submissions

- » Online Submissions
- » Author Guidelines
- » Copyright Notice
- » Privacy Statement

Online Submissions

Already have a Username/Password for Sociobiology?

[GO TO LOGIN](#)

Need a Username/Password?

[GO TO REGISTRATION](#)

Registration and login are required to submit items online and to check the status of current submissions.

Author Guidelines

SECTION I - Manuscript preparation

1- Manuscript file formatting

All manuscripts submitted to Sociobiology must be written in English, with clarity and readability in mind. Manuscripts are subject to editing to ensure conformity to editorial standards and journal style.

- Submit manuscript as an MS Word or RTF file with a page size Letter, 8.5 x 11".
- Use continuous line numbering on all pages of your manuscript.
- Type all as double-spaced, with 1-inch margins, and do not right justify text.
- Use the font Times (New) Roman with a size of 12 point.
- Left-justify the title, author line, affiliation lines, subheadings, text, and References Cited.
- Insert tabs, not spaces, for paragraph indents.
- Use italicization only to indicate scientific names (including viruses), symbols or variables, and words that are defined.
- Use quotation marks for quoted material only.
- Use American English spelling throughout and follow Merriam-Webster's New Collegiate Dictionary, 10th ed., for guidance on spelling.
- Number pages consecutively, beginning with the title page.
- Lines in the manuscript must be numbered.
- Begin each of the following on a separate page and arrange in the following order: title page, abstract and key words (three to six words), manuscript text, acknowledgments, references cited, footnotes, tables, figure legends, and figures.
- Type all captions on a separate page and put each figure and table on a separate page.
- **Make sure the file size (in Word, Libre Office or TRF format) does not exceed 2MB.** This is the maximum upload file size in the OJS setup. If the manuscript is larger than that due to figures of high resolution, leave only figure legends in the manuscript file. Prepare figures in JPG or GIF format with size up to 2MB and upload individual figures as supplementary files. During the upload of supplementary files, in step 4, name the files with titles corresponding to the number of figures in the manuscript text. Check the option "Present supplementary files to reviewers".
- The sequence to correctly upload files in steps 2 (original article) and 4 (supplementary files) of the electronic submission is to choose the file (OJS will access your File Manager program), to click the Upload button, and then click the button "Save and continue". Upload as many supplementary files as needed repeating this sequence. After you are finished with the uploads, click "Save and continue". You will reach step 5 "Confirmation". Click the button "Finish Submission".

2- Manuscript Preparation Instructions

2.1- Front page

Justify the complete name and the regular and electronic mail addresses of corresponding author on the upper right of the page.

Center-justify the title using capital initials (except for prepositions and articles).

Scientific names in the title must be followed by the author's name (without the year) and by the order and family names in parentheses.

Author(s) name(s) should be center-justified below the title using small capital letters. Only initials of the first and middle names of authors shall be provided, followed by the family names in full. Names of different authors are separated by commas, without the use of "and" or "&" (Examples: RJ GUPTA; LG SIMONS, F NIELSEN, SB KAZINSKY).

Skip one line and list each authors' affiliation identified by call numbers whenever more than one address is listed. Skip another line and provide a running title, no longer than 60 characters.

2.2 - Page 2 - Abstract

The abstract must be easy to understand and not require reference to the body of the article. Only very important results must be presented in the abstract; it must not contain any abbreviations or statistical details. Type ABSTRACT followed by a hyphen and the text. The abstract must be one-paragraph long and not exceed 250 words. Skip one line and type Keywords. Type three to five keywords separated by commas, preferably ones not present in the title.

2.3 - Main Text

Introduction - This section of the manuscript must clearly contextualize the research problem and state the scientific hypothesis being tested, as well as the research objectives.

OPEN JOURNAL SYSTEMS

Journal Help

USER

You are logged in as...
maria

- My Journals
- My Profile
- Log Out

NOTIFICATIONS

- View
- Manage

JOURNAL CONTENT

Search

Browse

- By Issue
- By Author
- By Title
- Other Journals
- Categories

FONT SIZE

INFORMATION

- For Readers
- For Authors
- For Librarians

Material and Methods - This section must provide enough information for the research to be replicated. Please include the statistical design and, if necessary, the name of the program used for analysis.

Results and Discussion - This section can be grouped or kept as separate sections. In Results, mean values must be followed by the mean standard error and the number of observations. Use two decimals for mean values and for standard errors. Articles for which Analysis of Variance was performed shall present an ANOVA table containing sources of variation, DF, SS, F statistics and P-value.

Conclusions must be stated at the end of discussion.

Acknowledgments - The text must be concise and contain the recognition to people first, and then institutions and/or sponsors.

References - Under the section title, type the references, in alphabetical order, one per paragraph, with no space between them.

- The authors' family names are typed first in full, followed by capital initials, followed by period.
- Use a comma to separate the names of authors.
- Add the reference year after the authors' family name, between parentheses.
- Abbreviate the titles of the bibliographical sources, starting with capital letters. Use journal abbreviations according to the ISI journal abbreviations list <http://www.efm.leeds.ac.uk/~mark/ISIabbr/>
- Please avoid citations of dissertations, theses, and extension materials. Do not cite monographs, partial research reports, or abstracts of papers presented at scientific meetings.
- Whenever possible type the DOI number at the end of the reference. Most articles published in the 2000's have a DOI number.

Examples of reference style:

Book

Hölldobler, B. & Wilson, E.O. (1990). The Ants. Cambridge: Harvard University Press, 732 p

Chapter or article in an edited book

Cushman, J.H. & Addicott, J.F. (1991). Conditional interactions in ant-plant-herbivore mutualisms. In C.R. Huxley & D.F. Cutler (Eds.), Ant-plant interactions (pp. 92-103). Oxford: Oxford University Press.

Chapter or article in an edited book, online

Author, A. (year). Title of book. [details about the format if available].

Retrieved from web address or DOI Journal article

Bolton, B. (2011). Catalogue of species-group taxa. <http://gap.entclub.org/contact.html>. (accessed date: 1 March, 2011).

Matsuura, K., Himuro, C., Yokoi, T., Yamamoto, Y., Vargo, E. L. & Keller, L. (2010). Identification of a pheromone regulating caste differentiation in termites. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 107: 12963-12968. doi: 10.1073/pnas.1004675107

- The issue number should be indicated only if each issue of a journal begins on page 1.
- Capitalise only the first letter of the first word of an article title and subtitle, and any proper nouns.
- Capitalise the first letter of every main word in the journal title.
- Include a digital object identifier (DOI) if provided

Journal article, online

Liu, N., Cheng, D.M., Xu, H.H. & Zhang, Z.X. (2011). Behavioral and Lethal Effects of α -terthienyl on the Red Imported Fire Ant (RIFA). Chin. Agri. Sci., 44: 4815-4822. Retrived from: http://211.155.251.135:81/Jwk_zgnyko/EN/Y2011/V44/I23/4815

Group or organisation as author

Organisation Name. (Year). Details of the work as appropriate to a printed or electronic form.

Tables

Tables must be placed separately, one per page, after the References section. Please number tables consecutively with Arabic numbers at the same order they are referred to in the text. Footnotes must have call numbers. Use the word "Table" in full in the text (example: Table 1).

Example of a table title:

Table 1. Frequency of the four types of ovaries within the colonies of *Angiopolibia pallens*.

Figures

Insert the list of figures after the tables. Use the abbreviation "Fig" in the titles and in the text (such as Fig 3). Figures must be in jpg or gif format, according to the following guidelines:

Use JPEG for photographs and images of realistic scenes

Generally speaking, JPEG is superior to GIF for storing full-color or grey-scale images of "realistic" scenes; that means scanned photographs and similar material. Any continuous variation in color, such as occurs in highlighted or shaded areas, will be represented more faithfully and in less space by JPEG than by GIF.

JPEG has a hard time with very sharp edges: a row of pure-black pixels adjacent to a row of pure-white pixels, for example. Sharp edges tend to come out blurred unless you use a very high quality setting. Edges this sharp are rare in scanned photographs, but are fairly common in graphics files: borders, overlaid text, etc. The blurriness is particularly objectionable with text that's only a few pixels high. If you have a graphics with a lot of small-size overlaid text, don't JPEG it, save it as GIF.

Use GIF for black and white, simple line and text graphics.

GIF is the abbreviation for Graphics Interchange Format. The images saved in this format lose a lot of color information by being reduced to 256 colors (8 bits per pixel). That makes it not such a good format for photographs and large images but ideal for storing graphics with a limited number of colors such as line and bar graphics, simple drawings, logos, text, diagrams, small images or pictures in greyscale.

. Use original or high resolution figures (with a minimum resolution of 300 dpi). Whenever possible, graphs shall be prepared in MS Excell or a similar/compatible open source program.

Example of a figure title:

Fig 1. Nest of *Angiopolibia pallens*. A - General view of a nest. B - The combs suspended from those above by pedicels. The large arrow indicates the main pedicel, the small one indicates an auxiliary pedicel.

3- In-text Citations

Scientific names

Write the scientific names in full, followed by the author's family name, when they are first mentioned in the Abstract and in the body of the text, e.g.: *Polistes canadensis* (L.). Use the abbreviated generic name (e.g.: *P. canadensis*) in the rest of the manuscript, except in tables and figures, where the species name shall be typed in full.

One author

When you refer to a single author, include the author's family name and year of publication, using one of the forms shown here.

Ginsberg (2005) argues that local diversity of bees is driven by species selection from a regional diversity pool. or

Local diversity of bees is driven by species selection from a regional diversity pool (Ginsberg, 2005).

Multiple authors

For two authors, include the family names of both authors and year.

According to Smith and Velasquez (2009) chaparrals are a source of endemism for ants in the Venezuelan Andes. or

Chaparrals are a source of endemism for ants in the Venezuelan Andes (Smith & Velasquez, 2009).

Use 'and' when family names are outside parentheses; use '&' when family names are inside parentheses.

In the case of three or more authors, cite first authors' family name, plus 'et al.' and the year.

Multiple references

If more than one reference has to be cited, follow the chronological order of publication, separated with semicolons (for example: Xia & Liu, 1998; Saravanah, 2003; Balestreri, 2006; Ustachenko et al., 2010). Use 'and' when family names are outside parentheses; use '&' when family names are inside parentheses.

Secondary source

Some citations refer to one author (secondary) who cites another (primary).

Yamamoto (as cited in Harvey, 2010) disagrees with the taxonomic review of the genus *Camponotus* presented by Gold (2008).

Note: The entry in the reference list is under Harvey.

Article or chapter in an edited book

If a chapter or article written by a contributor author to an edited book has to be cited, acknowledge the author of the chapter or article. This author is cited in text (that is, in the body of the paper) in the same way as for one or more authors.

Group or organisation as author

Whenever the author is a government agency, association, corporate body or the like, which has a familiar or easily understandable acronym, it is cited as follows:

The reduction of industry polluting particles in Cleveland resulted in the increase of bee species richness in park areas in the 1990's (Environmental Protection Agency [EPA], 2006).

Note: The entry in the reference list is under Environmental Protection Agency.

Personal communication

Personal communications are understood as letters, e-mails, personal interviews, telephone conversations and the like. They must be in text only and are not included in a reference list.

J. Ahmed (personal communication, May 11, 2010) indicated ...

... (L. Stainer, Senior Researcher, Social Insects Study Centre, personal communication, June 4, 2009)

4 - Scientific Notes

Manuscripts that report new geographic occurrences, trophic interactions or new methods for the study of social insects can be submitted. But records of species or host associations to new localities in geographical regions that they are already known are no longer accepted for publication. Records of species or associations known to a geographical region may be considered only if including new ecological zones.

Distribution records must not be based on political borders, but on ecosystems.

Manuscript requirements are the same as for scientific articles. However, Introduction, Material and Methods, and Results and Discussion are written without subtitles. The abstract must have up to 100 words and the text no longer than 1,000 words. Figures or tables can be included if highly necessary, but not exceed the limit of two figures or tables per note.

5- Reviews

Extensive interpretative or evaluative articles on current topics related to the biology of social insects, can be published upon invitation by the Associate Editors. The Editorial Board is not responsible for the opinions expressed in reviews.

SECTION II - Important reminders on submission process

6 - Fill in Metadata Forms

It is important to fill in all metadata forms with an asterisk (mandatory fields) during the five steps of the submission process. Additionally, please include metadata on all authors that appear in the manuscript. The first field that appears can be filled in with submitter metadata, and by clicking the button "Add author" new forms will appear for as many authors as needed. Author metadata is important for abstracting and indexing purposes. Remember that in modern days indexing agencies have online data harvesters. Any omission or lack of accuracy in authors, disciplines and keywords metadata can affect the visibility of authors work.

7 - List of Potential reviewers

Put together a list of four potential referees (with a PhD or Doctor of Science degree) that you will inform in the text box "Comments to the Editor" during the submission process. In the list you must provide the complete name, Institutional Affiliation, Country, e-mail address and three key words that best describe the area of expertise of each potential referee. At least two referees must be from countries different from the author's country of origin.

8 - Journal Access

Accepted manuscripts will be published free of charges and fees, reprints will not be provided. The authors and the general public will have full online access to PDF files of all published articles.

PLEASE SEE THESE TUTORIAL VIDEOS ON HOW TO:

1) Register with a journal that uses the OJS-OPEN JOURNAL SYSTEM

<https://www.youtube.com/watch?v=FeyZGkzIAWo>

2) Submit a manuscript to a journal that uses the OJS-OPEN JOURNAL SYSTEM

<https://www.youtube.com/watch?v=Eg0N8jT6AY>

Further Information:

Gilberto Marcos de Mendonça Santos
Universidade Estadual de Feira de Santana
Av. Transnordestina s/n Novo Horizonte
Feira de Santana – BA Brazil
44036-900
E-mail: sociobiology.gmms@uefs.br

Submission Preparation Checklist

As part of the submission process, authors are required to check off their submission's compliance with all of the following items, and submissions may be returned to authors that do not adhere to these guidelines.

1. The submission has not been published, nor is it before another journal for consideration (or an explanation has been provided on Comments to the Editor).
 2. The file is in Microsoft Word, LibreOffice or RTF document file format.
 3. URLs and/or DOI numbers for the cited references are provided in the "References" section whenever possible. THE ABSENCE OF DOIs CAN RESULT IN IMMEDIATE REJECTION OF SUBMISSION.
 4. Tables and pictures are inserted at the end of the Microsoft Word, LibreOffice or RTF file. Furthermore, pictures for definitive editing are prepared in separate .jpg or .gif files with at least 300 dpi resolution.
 5. All in-text citations have their corresponding references listed in the reference section. References are in accordance with *Author's Guidelines*. REFERENCES OUT OF REQUIRED FORMAT CAN RESULT IN IMMEDIATE REJECTION OF SUBMISSIONS.
 6. You have put together a list of four potential referees (with a PhD or Doctor of Science degree) that you will inform in the text box "Comments to the Editor". In the list you have the complete name, Institutional Affiliation, Country, e-mail address and three key words that best describe the area of expertise of each potential referee. At least two referees must be from countries different from the author's country of origin.
-

Copyright Notice

Sociobiology is an open access journal which means that all content is freely available without charge to the user or his/her institution. Users are allowed to read, download, copy, distribute, print, search, or link to the full texts of the articles in this journal without asking prior permission from the publisher or the author. This is in accordance with the BOAI definition of open access.

Authors who publish with this journal agree to the following terms:

- a. Authors retain copyright and grant the journal right of first publication with the work simultaneously licensed under a [Creative Commons Attribution License](#) that allows others to share the work with an acknowledgement of the work's authorship and initial publication in this journal.
 - a. Authors are able to enter into separate, additional contractual arrangements for the non-exclusive distribution of the journal's published version of the work (e.g., post it to an institutional repository or publish it in a book), with an acknowledgement of its initial publication in this journal.
 - a. Authors are permitted and encouraged to post their work online (e.g., in institutional repositories or on their website) prior to and during the submission process, as it can lead to productive exchanges, as well as earlier and greater citation of published work (See [The Effect of Open Access](#)).
-

Privacy Statement

Names and addresses informed in this journal will be used solely for the purpose of managing submissions, and will not be available to third parties.

ISSN: 0361-6525

MEDIDAS DE CAMPO MAGNÉTICO

Tabela 01. Medida horizontal em Gauss do campo geomagnético local em Batayporã – MS, Brasil (22°17'96"S; 53°15'77"W).

N +															
W +	0.16	0.10	0.16	0.10	1.60	0.10	0.05	0.16	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	0.10	0.05	0.10	0.05	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10
	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.10
	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	0.10	0.16	0.16	0.16	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10
	0.10	0.16	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.16	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.16	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.16	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.10	0.10	0.10	0.10	0.16	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.05	0.05	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10
	0.10	0.05	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
S -															

Tabela 02. Medida perpendicular em Gauss do campo geomagnético local em Batayporã – MS, Brasil (22°17'96"S; 53°15'77"W).

N +															
W +	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
S -															

Tabela 03. Medida vertical em Gauss do campo geomagnético local em Batayporã – MS, Brasil (22°17'96"S; 53°15'77"W).

N															
W	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.05
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
S															
E															

Tabela 04. Medida horizontal em Gauss do campo magnético, gerado por bobinas de Helmholtz, em Batayporã – MS, Brasil (22°17'96"S; 53°15'77"W).

E															
N	6.96	6.15	5.18	5.61	4.96	4.64	4.64	4.37	4.37	4.59	5.50	4.21	4.96	5.40	5.50
	6.53	6.10	5.45	5.77	5.70	4.80	4.64	4.48	4.59	4.69	4.86	4.86	5.13	5.40	5.67
	6.53	6.15	5.77	5.50	5.23	4.96	4.80	4.69	4.69	4.80	4.96	5.02	5.29	5.45	5.72
	6.31	6.04	5.77	5.50	5.23	5.07	4.86	4.80	4.80	4.86	4.96	5.13	5.29	5.45	5.56
	6.26	6.04	5.83	5.56	5.34	5.13	5.02	5.96	4.91	4.96	5.07	5.23	5.40	5.56	5.67
	6.10	5.94	5.77	5.56	5.34	5.13	5.07	5.02	5.02	5.02	5.13	5.23	5.45	5.72	5.94
	6.10	5.88	5.72	5.50	5.34	5.13	5.02	5.02	5.02	5.07	5.13	5.34	5.50	5.67	5.72
	6.10	5.88	5.67	5.56	5.45	5.23	5.07	5.02	4.96	4.96	5.07	5.13	5.34	5.61	5.72
	6.10	5.89	5.72	5.50	5.23	5.07	4.96	4.96	4.96	5.02	5.18	5.34	5.56	5.77	6.04
	6.10	5.77	5.67	5.45	5.23	5.02	4.86	4.86	4.91	5.07	5.23	5.45	5.67	6.10	7.02
	6.31	5.94	5.77	5.45	5.23	5.07	4.91	4.91	4.91	4.96	5.13	5.34	5.72	6.10	6.42
	6.58	6.21	6.04	5.77	5.45	5.23	5.23	4.96	4.91	5.02	5.07	5.34	5.77	6.96	7.34
	6.26	6.04	6.61	5.29	4.91	4.69	4.53	4.48	4.48	5.45	5.50	5.61	5.94	6.42	6.75
	6.91	6.48	5.77	5.23	4.69	4.26	4.15	4.05	4.05	4.15	4.37	4.64	5.02	5.56	6.31
	6.80	5.99	5.40	4.69	4.53	4.21	3.88	3.78	3.72	3.72	3.88	4.32	4.91	5.61	6.15
W															

Tabela 05. Medida perpendicular em Gauss do campo magnético, gerado por bobinas de Helmholtz, em Batayporã – MS, Brasil (22°17'96"S; 53°15'77"W).

E															
N	1.18	1.24	1.72	1.78	1.02	1.02	0.86	0.59	0.48	0.48	0.91	0.81	0.16	0.32	0.27
	0.64	0.86	0.54	0.86	0.91	1.08	1.08	1.18	0.54	1.40	1.35	1.51	1.35	1.24	1.18
	0.27	0.86	0.32	0.21	0.16	0.21	0.16	0.16	0.32	0.37	0.21	0.16	0.32	0.97	0.81
	0.37	0.37	0.48	0.27	0.27	0.81	0.32	0.43	0.27	0.81	0.16	0.37	0.32	0.43	0.43
	0.48	0.32	0.48	0.43	0.48	0.37	0.64	0.32	0.43	0.64	0.43	0.43	0.86	0.59	0.54
	0.43	0.48	0.32	0.37	0.54	0.59	0.91	0.64	0.7	0.43	0.54	0.48	0.59	0.59	0.64
	0.43	0.59	0.37	0.37	0.37	0.27	0.48	0.43	0.54	0.75	0.64	0.7	0.59	0.86	0.91
	0.59	0.75	0.43	0.59	0.81	0.91	1.24	1.08	1.02	1.35	1.56	1.45	1.56	1.45	1.35
	0.43	0.37	0.43	0.48	0.70	0.75	0.91	0.97	1.02	1.08	1.18	1.29	1.29	1.72	1.72
	0.75	0.54	0.27	0.27	0.32	0.43	0.7	0.7	1.08	1.18	1.35	1.67	1.67	1.62	1.78
	0.75	0.21	0.21	0.32	0.32	0.54	0.59	0.86	1.08	1.45	1.62	1.89	1.83	2.10	1.72
	0.32	0.37	0.32	0.48	0.54	0.64	0.64	0.91	1.35	1.51	1.78	2.21	2.64	2.8	3.4
	0.27	0.21	0.32	0.43	0.54	0.64	0.86	1.18	1.56	1.83	2.16	2.64	3.07	3.56	3.72
	0.16	0.27	0.32	0.37	0.48	0.64	0.91	1.29	1.62	2.05	2.59	3.13	3.51	4.26	4.75
	0.27	0.32	0.37	0.27	0.91	0.75	1.13	1.45	1.72	2.26	2.75	3.4	4.37	5.34	6.96
W															

Tabela 06. Medida vertical em Gauss do campo magnético, gerado por bobinas de Helmholtz, em Batayporã – MS, Brasil (22°17'96"S; 53°15'77"W).

E															
N	1.29	1.24	1.02	0.43	0.32	0.21	0.21	0.21	0.27	0.16	0.37	0.21	0.32	0.32	0.64
	1.08	0.81	1.24	0.32	0.27	0.27	1.02	0.75	1.18	1.02	0.86	0.86	0.81	0.48	0.64
	1.18	1.51	1.29	1.24	1.13	1.13	1.08	1.02	0.86	0.75	0.97	0.64	0.64	0.32	0.48
	1.83	1.51	1.35	1.35	1.99	1.83	1.02	1.40	0.86	1.18	0.86	0.70	0.59	0.48	0.48
	1.83	1.51	1.67	0.86	0.70	0.37	0.37	0.54	0.16	0.21	0.27	0.27	0.32	0.97	0.75
	1.24	2.10	1.83	1.35	1.78	1.99	0.64	0.59	0.59	0.27	0.27	0.27	0.59	0.54	0.64
	0.81	1.24	1.24	1.45	1.35	0.81	0.81	0.91	0.97	0.97	0.64	0.64	0.43	0.48	0.59
	1.13	0.86	0.70	0.75	0.21	0.21	0.43	0.10	0.43	0.16	0.16	0.16	0.43	0.59	0.32
	0.75	0.54	0.48	0.54	0.70	0.32	0.32	0.27	0.58	0.21	0.27	0.48	0.75	0.27	0.16
	0.43	0.32	0.27	0.16	0.16	0.37	0.16	0.37	0.43	0.37	0.48	0.32	0.59	0.54	0.48
	1.45	1.02	1.81	0.48	0.64	0.48	0.37	0.37	0.37	0.32	0.32	0.43	0.32	0.21	0.43
	1.56	1.62	1.83	0.97	0.64	0.43	0.37	0.32	0.32	0.54	0.70	0.75	0.21	0.59	0.43
	0.97	0.64	0.64	0.43	0.43	0.27	0.16	0.16	0.16	0.21	0.16	0.10	0.32	0.21	0.97
	1.13	0.97	0.91	0.86	0.64	0.59	0.37	0.27	0.16	0.16	0.21	0.10	0.32	0.27	0.43
	1.51	0.91	0.75	0.81	0.70	0.32	0.27	0.16	0.10	0.10	0.27	0.16	0.32	0.54	0.64
W															
S															

Tabela 07. Medida horizontal em Gauss do campo magnético, gerado por magneto permanente, em Batayporã – MS, Brasil (22°17'96"S; 53°15'77"W).

E															
N	6.85	5.88	5.23	5.02	4.37	3.88	3.61	3.34	2.91	2.64	2.43	2.21	2.05	1.89	1.83
	8.42	7.07	6.21	5.40	4.91	4.37	3.83	3.40	3.07	2.75	2.53	2.32	2.10	1.94	1.72
	8.80	7.50	6.75	6.10	5.45	4.69	4.26	3.67	3.34	3.02	2.75	2.53	2.26	2.05	1.83
	10.20	8.58	7.56	6.53	5.83	5.13	4.42	3.94	3.56	3.13	2.80	2.59	2.26	2.10	1.99
	11.28	9.55	8.42	7.18	6.26	5.50	4.69	4.15	3.72	3.29	2.97	2.64	2.43	2.21	1.99
	12.31	10.36	8.91	7.77	6.80	5.88	5.13	4.37	3.88	3.45	3.13	2.80	2.53	2.26	2.10
	12.47	10.96	9.34	8.10	7.02	6.10	5.23	4.42	3.88	3.40	3.07	2.70	2.53	2.32	2.10
	13.39	11.44	9.82	8.37	7.12	6.26	5.40	4.59	3.99	3.45	3.13	2.86	2.53	2.21	1.99
	13.50	11.61	9.72	8.47	7.18	6.31	5.45	4.64	4.05	3.61	3.24	3.86	2.53	2.32	1.51
	13.82	11.50	9.77	8.20	7.12	6.15	5.40	4.69	4.05	3.61	3.24	2.86	2.59	2.37	2.05
	13.12	11.23	9.34	8.20	7.07	6.04	5.23	4.64	4.05	3.61	3.18	2.80	2.59	2.32	2.10
	12.74	10.90	9.23	8.10	7.02	5.88	5.18	4.53	3.94	3.56	3.18	2.80	2.53	2.32	2.05
	11.71	9.88	8.47	7.23	6.42	5.61	5.02	4.37	3.94	3.40	3.02	2.70	2.43	2.26	1.99
	10.47	9.23	7.21	6.91	6.15	5.29	4.69	4.05	3.61	3.34	2.91	2.64	2.37	2.16	1.94
	9.50	8.42	7.23	6.48	5.61	5.02	4.42	3.83	3.56	3.18	3.02	2.53	2.21	2.10	1.83
W															

Tabela 08. Medida perpendicular em Gauss do campo magnético, gerado por magneto permanente, em Batayporã – MS, Brasil (22°17'96"S; 53°15'77"W).

E															
N	4.69	3.83	3.24	2.91	2.43	1.83	1.62	1.40	1.18	1.13	0.91	0.64	0.37	0.54	0.43
	4.91	3.88	3.07	2.59	2.16	1.78	1.51	1.13	0.91	0.81	0.64	0.59	0.54	0.48	0.43
	3.72	3.45	2.97	2.37	1.78	1.83	1.51	1.02	0.86	0.75	0.64	0.59	0.48	0.48	0.37
	3.78	2.70	2.10	1.78	1.29	1.24	0.81	0.75	0.75	0.70	0.64	0.59	0.43	0.37	0.27
	2.86	2.43	1.83	1.45	1.24	0.97	0.91	0.75	0.59	0.59	0.43	0.32	0.32	0.32	0.32
	1.24	1.18	1.13	0.91	0.75	0.64	0.48	0.37	0.37	0.37	0.32	0.27	0.16	0.10	0.10
	0.91	0.70	0.64	0.48	0.37	0.37	0.37	0.32	0.32	0.32	0.32	0.27	0.21	0.16	0.16
	-0.05	-0.21	-0.21	-0.27	-0.21	-0.05	-0.05	-0.16	-0.05	-0.05	-0.16	-0.16	-0.05	-0.05	-0.05
	-0.70	-1.62	-0.86	-0.75	-0.70	-0.70	-0.32	-0.37	-0.16	-0.21	-0.21	-0.05	-0.05	-0.05	-0.16
	-1.13	-0.86	-1.08	-0.81	-0.21	-0.32	-0.21	-0.37	-0.05	-0.16	-0.10	-0.05	-0.10	-0.27	-0.43
	-2.86	-1.72	-1.89	-1.18	-0.54	-0.86	-0.48	-0.64	-0.43	-0.32	-0.21	-0.05	-0.21	-0.21	-0.32
	-3.07	-2.21	-1.89	-1.51	-1.40	-1.13	-0.59	-0.59	-0.70	-0.16	-0.21	-0.32	-0.16	-0.16	-0.21
	-3.45	-2.91	-2.16	-2.26	-1.99	-1.29	-1.13	-0.86	-0.70	-0.43	-0.32	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27
	-4.10	-3.40	-2.70	-2.32	-1.99	-1.45	-1.18	-0.97	-0.70	-0.54	-0.48	-0.43	-0.32	-0.32	-0.27
	-4.53	-4.05	-3.67	-2.75	-2.32	-1.89	-1.62	-1.29	-1.02	-0.97	-0.70	-0.59	-0.48	-0.43	-0.27
W															

Tabela 09. Medida vertical em Gauss do campo magnético, gerado por magneto permanente, em Batayporã – MS, Brasil (22°17'96"S; 53°15'77"W).

E															
N	1.35	0.91	0.59	0.37	0.10	0.21	0.21	0.21	-0.16	-0.05	-0.10	-0.37	-0.48	-0.43	-0.32
	0.91	0.75	0.91	0.64	0.75	0.43	0.05	-0.16	-0.05	-0.05	-0.10	-0.16	-0.27	-0.27	-0.10
	0.91	0.48	1.02	0.54	0.64	0.75	-0.10	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
	0.70	0.59	0.32	0.32	0.32	0.32	0.16	0.16	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.10	-0.27	-0.27
	2.10	1.08	1.24	1.02	0.64	0.21	0.10	0.32	0.05	-0.10	-0.10	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
	1.29	1.29	1.24	0.75	0.48	0.16	0.05	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.16	-0.10	-0.10	-0.21
	1.89	1.40	1.29	0.86	0.59	0.16	0.21	0.10	-0.05	-0.21	-0.21	-0.10	-0.16	-0.21	-0.05
	2.05	1.35	1.13	0.91	0.64	0.16	0.16	0.27	-0.05	-0.05	-0.05	-0.10	-0.10	-0.21	-0.16
	1.62	1.67	1.40	1.40	0.86	0.64	0.59	0.37	0.27	0.10	0.05	-0.05	-0.05	-0.10	-0.16
	1.89	1.62	1.51	1.18	1.13	0.70	0.70	0.48	0.32	0.16	0.21	0.10	0.05	-0.05	-0.10
	1.24	1.45	1.18	1.13	0.75	0.59	0.32	0.27	0.27	0.21	0.05	-0.05	-0.10	-0.16	-0.05
	2.05	1.56	1.29	0.97	0.81	0.48	0.32	0.10	0.10	-0.05	-0.16	-0.10	-0.10	-0.16	-0.27
	1.40	0.97	0.91	0.75	0.59	0.32	0.21	0.10	-0.05	-0.16	-0.05	-0.05	-0.10	-0.05	-0.16
	1.13	0.97	0.59	0.59	0.32	0.16	0.16	0.10	-0.05	-0.05	-0.05	-0.10	-0.05	-0.05	-0.10
	0.97	0.81	0.64	0.43	0.37	0.27	0.16	0.05	-0.05	-0.10	-0.16	-0.10	-0.05	-0.05	-0.05
W															
S															

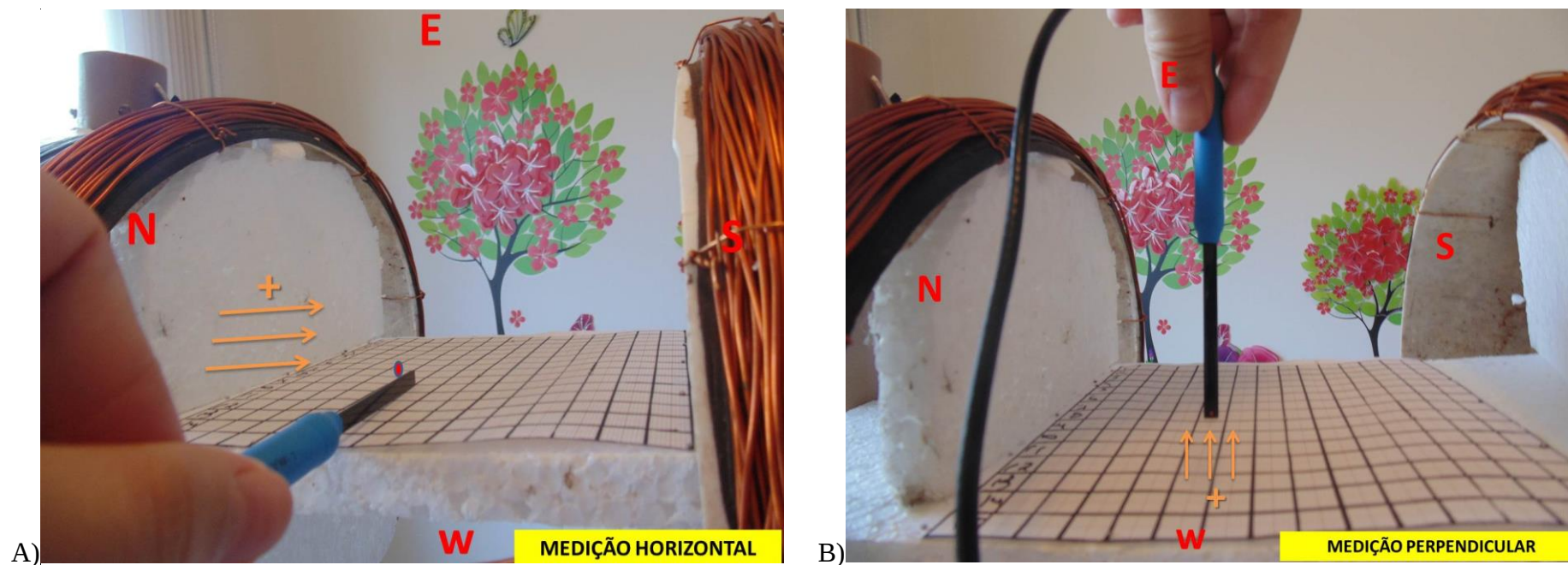


Figura 01. Representação do esquema de medidas com magnetômetro GlobalMag, modelo TLMP-Hall-050. A - Medida horizontal em Gauss do campo magnético, gerado por bobina de Helmholtz. B - Medida perpendicular em Gauss do campo magnético, gerado por bobina de Helmholtz.

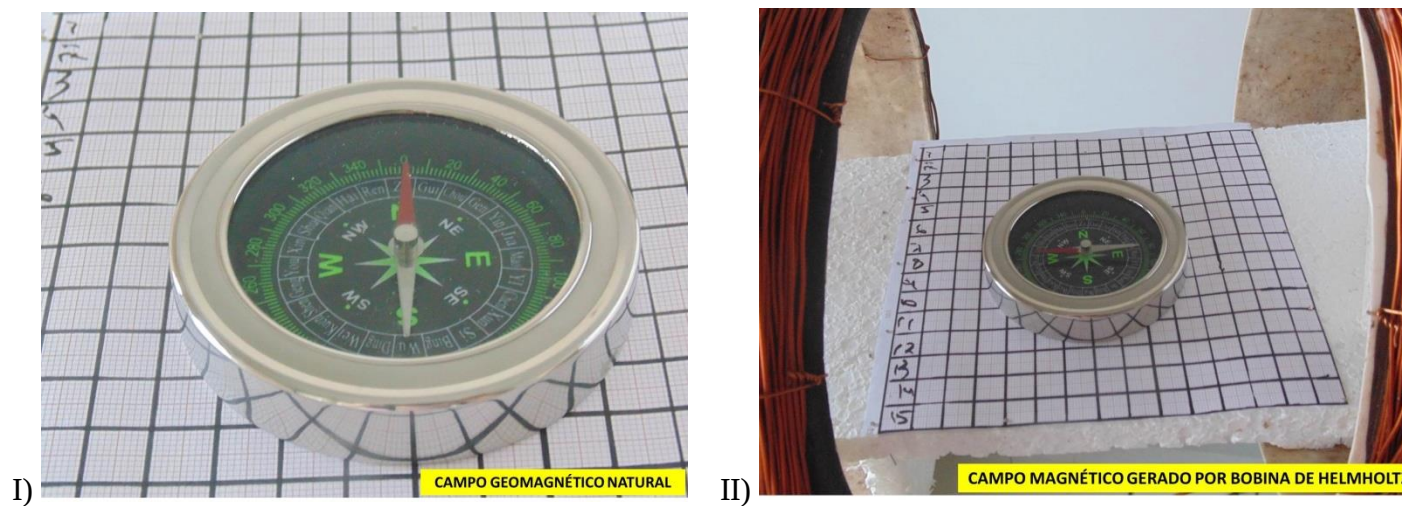


Figura 02. Direção da bússola em: I - campo geomagnético natural e II - campo magnético alterado por bobinas de Helmholtz

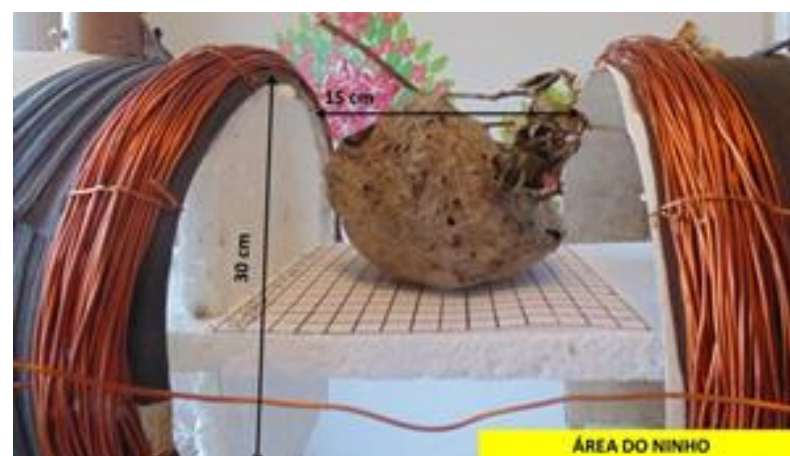


Figura 03. Obtenção da área do ninho de *Polybia paulista*



Figura 04. Magneto permanente, próximo a ninho de *Polybia paulista*, gerando campo magnético estático.