

**TOXICIDADE DE FORMICIDAS UTILIZADOS EM PASTAGENS
SOBRE A FORMIGA NÃO-ALVO *Ectatomma brunneum*
(HYMENOPTERA, FORMICIDAE, ECTATOMMINAE) E SEUS
EFEITOS NA DINÂMICA POPULACIONAL EM CONDIÇÕES DE
LABORATÓRIO**

VIVIANE CRISTINA TOFOLO

Dissertação apresentada ao
Instituto de Biociências da
Universidade Estadual Paulista
“Julio de Mesquita Filho”,
Campus de Rio Claro, para a
obtenção do título de Mestre em
Ciências Biológicas (Área de
Concentração: Zoologia)

Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
Março de 2007

**TOXICIDADE DE FORMICIDAS UTILIZADOS EM PASTAGENS
SOBRE A FORMIGA NÃO-ALVO *Ectatomma brunneum*
(HYMENOPTERA, FORMICIDAE, ECTATOMMINAE) E SEUS
EFEITOS NA DINÂMICA POPULACIONAL EM CONDIÇÕES DE
LABORATÓRIO**

VIVIANE CRISTINA TOFOLO

**Orientador: Edilberto Giannotti
Co-orientador: Marcos Aparecido Pisano**

Dissertação apresentada ao
Instituto de Biociências da
Universidade Estadual Paulista
“Julio de Mesquita Filho”,
Campus de Rio Claro, para a
obtenção do título de Mestre em
Ciências Biológicas (Área de
Concentração: Zoologia)

Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
Março de 2007

*À minha amada família
Pelo amor, respeito e apoio*

Dedico

*Nada neste mundo pode substituir a persistência:
Nem o talento - pois nada é mais comum do que talentos fracassados;
Nem a genialidade - pois o gênio incompreendido é quase pleonasma;
Nem a educação - pois o mundo está cheio de pessoas cultas marginalizadas.
Só a persistência e a determinação tudo podem.*

(Mahatma Ghandi)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer imensamente aos primeiros mestres de minha vida, minha mãe (Marisete) e meu pai (Carlos), os quais primeiramente me deram a vida e o privilégio de pertencer a esta maravilhosa família, e por me deixarem pra sempre lindos ensinamentos de vida e minha maior riqueza: a educação.

Agradeço às minhas duas queridas irmãs e cunhados, Káthia e João, e Danielle e Edemilson, pelos bons momentos juntos, principalmente com os sobrinhos Camila, Matheus e o caçulinha João Gabriel.

Ao meu amado esposo, Matheus, pelos 10 anos compartilhados com muito amor, companheirismo, incentivo e paciência nos meus momentos de crise.

Aos meus segundos pais, Shirlei e Chaud, pelos ensinamentos e carinho.

A todos os demais familiares por completarem nossa família com muita alegria e união.

Ao meu brilhante orientador, Edilberto Giannotti, pelos 6 anos de ensinamentos, exemplo de honestidade e sabedoria, por estar sempre presente nas minhas dificuldades, dúvidas e incertezas. Pelos momentos de muita alegria e descontração, imprescindíveis para a boa convivência.

Ao meu co-orientador, Marcos Aparecido Pisano, por ter despertado em mim o interesse pela toxicologia ainda na graduação, e pelo conhecimento e apoio dado na realização deste trabalho.

Ao professor Cláudio José Von Zuben pelo tempo disponibilizado, pelos ensinamentos e sugestões dadas a este trabalho.

A todos os funcionários e professores dos departamentos de Zoologia, Ecologia, Biologia e Biotério, pela amizade e ajuda.

Ao João da manutenção também pela ajuda indispensável na coleta dos ninhos, e ao Sérgio Pascon por não deixar minhas formiguinhas passarem fome.

Aos companheiros de sala e laboratório, Dr. Jucelho pela amizade, sugestões e ajuda na coleta dos ninhos; Agda, Olga, Gabriela, Adolfo e João, pela preciosa amizade e apoio em todos os momentos.

Aos meus queridos e eternos amigos e parceiros, Erica, Catarina, Angela e Erico, pela lealdade e pelos bons momentos de gargalhadas e comilança.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos os demais, que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho.

E, por último, mas não menos importante, a Deus, que traçou este lindo caminho de minha vida, sempre me amparando e abençoando minhas realizações.

Índice

	Página
Resumo	01
Abstract	02
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO E METODOLOGIA GERAL	03
Resumo	04
Introdução geral	05
Objetivo	09
Ensaio experimental	
Coleta das colônias em campo	10
Bioensaio 1	11
Bioensaio 2	14
Referências bibliográficas	15
CAPÍTULO 2: Exposição de operárias de <i>Ectatomma brunneum</i> (Hymenoptera, Formicidae, Ectatomminae) à iscas formicidas contendo diferentes ingredientes ativos em condições de laboratório	19
Resumo	20
Introdução	20
Objetivo	24
Material e Métodos	
Insetos	24
Método Experimental	26
Resultados e Discussão	
Sulfloramida (Mirex-S Max NA)	27
Fipronil (Blitz-NA)	29
Clorpirifós (Landrin)	32
Conclusão	36
Referências Bibliográficas	38
CAPÍTULO 3: Teste de múltipla escolha com exposição simultânea de operárias de <i>Ectatomma brunneum</i> (Hymenoptera, Formicidae, Ectatomminae) à iscas formicidas e dieta convencional em condições de laboratório	46
Resumo	47
Introdução	47
Objetivo	50
Material e Métodos	
Insetos	50
Método Experimental	51
Resultados e Discussão	52
Tratamento 1 - larvas de tenébrio e iscas à base de sulfloramida (Mirex-S Max NA)	54
Tratamento 2 - larvas de tenébrio e iscas à base de fipronil (Blitz-NA)	55
Tratamento 3 - larvas de tenébrio e iscas à base de clorpirifós (Landrin)	56
Conclusões	60
Referências Bibliográficas	61
Considerações finais	64
Referências Bibliográficas	67
LITERATURA CITADA	68

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi procurar conhecer os efeitos de três substâncias químicas, sulfluramida, fipronil e clorpirifós, sobre a espécie de formiga não-alvo *Ectatomma brunneum* (Hymenoptera: Formicidae: Ectatomminae), respondendo às seguintes questões: as marcas comerciais de iscas formicidas granuladas utilizadas neste trabalho são atrativas a esta espécie de formiga não-alvo ou simplesmente repelentes? Sendo atrativas, qual o comportamento exercido pelas operárias? Elas ingerem as iscas no local ou carregam para o interior do ninho? Há devolução? Em condições de múltipla escolha alimentar, esta atratividade permanece ou ocorre somente na ausência do alimento convencional? No que acarreta o contato direto e indireto das formigas com as iscas? Ocorre mortalidade significativa? Qual dos ingredientes ativos é mais prejudicial? Os produtos são seletivos? Os resultados obtidos através dos testes em laboratório revelaram que, em condições normais de exposição, as operárias de *E. brunneum* não foram repelidas pelas iscas formicidas. No entanto, não houve atratividade suficiente para induzir o carregamento ou ingestão. Quando esse material foi umedecido, a atratividade aumentou significativamente, permitindo que porções das iscas fossem ingeridas na própria arena de forrageamento ou carregadas para o interior do ninho e distribuídas aos outros indivíduos, não sendo registrada, em nenhum dos tratamentos, a devolução total ou parcial das porções carregadas. Após 48 horas de exposição, os três ingredientes ativos foram tóxicos, de modo que a população foi reduzida em 35,56% no tratamento com clorpirifós, 31,11% com sulfluramida e 30% com fipronil ao final de 20 dias de observação. As iscas à base de fipronil foram mais atrativas que as de sulfluramida e clorpirifós. No entanto, independentemente do grau de atratividade das iscas utilizadas, foi comprovado que, mesmo na presença de outras fontes alimentares, à base de proteínas, carboidratos ou água, as operárias de *E. brunneum* não deixaram de coletar as iscas formicidas, o que pode acarretar em riscos de contaminação no campo, comprometendo a população desta espécie de formiga não-alvo.

Palavras-chave: *Ectatomma brunneum*, Formicidae, sulfluramida, fipronil, clorpirifós, iscas granuladas

ABSTRACT

This work aimed at contributing to a better knowledge on the effects of three chemical substances, sulfluramid, fipronil and chlorpyrifos, on the non-target species of ant *Ectatomma brunneum* (Hymenoptera: Formicidae: Ectatomminae), answering the following questions: are the brands of granulated insecticide baits employed in this work attractive to this species of non-target ant or are they just repellent? If attractive, what is the behavior exhibited by the workers? Do they ingest the baits in the spot or take them into the nest? Is there any devolution? Under conditions of multiple food choice, does this attractiveness remain or does it happen only in the lack of the conventional food? What is the outcome of direct or indirect contact between the ants and the baits? Is there significant mortality? Which of the active ingredients is the most harmful? Are the products selective? The results obtained from the tests in laboratory showed that, under conditions of normal exposure, the workers of *E. brunneum* were not repelled by the insecticide baits. Nevertheless, there was not enough attractiveness as to lead to transporting or ingesting. When the material was moistened, the attractiveness increased significantly, allowing portions of bait to be ingested at the very foraging arena or to be taken into the nest and distributed to the other individuals. Total or partial devolution of the portions carried was not observed in any of the treatments. After a 48 hour exposure the three active ingredients proved to be toxic, for the population was reduced in 35.56% in the treatment with chlorpyrifos, 31.11% with sulfluramid and 30% with fipronil at the end of 20 days of observation. The fipronil based baits were more attractive than the ones based on sulfluramid and chlorpyrifos. However, regardless of the attractiveness degree of the baits employed, it was confirmed that, even in presence of other sources of food, based on proteins, carbohydrates or water, the workers of *E. brunneum* did not cease to collect the insecticide baits, which might lead to risks of field contamination, endangering the population of this species of non-target ant.

Key-words: *Ectatomma brunneum*, Formicidae, sulfluramid, fipronil, chlorpyrifos, granulated bait

Capítulo 1

INTRODUÇÃO E METODOLOGIA GERAL

RESUMO

Na agricultura nacional, assim como nas pastagens, são as formigas cortadeiras que mais causam danos, pois seu ataque é intenso e se dá durante o ano todo. Dos métodos existentes para seu controle, o uso de iscas granuladas tem se destacado, principalmente por oferecerem maior segurança ao operador, menor custo de mão-de-obra e maior rendimento. Apesar disso, a baixa atratividade da matriz das iscas pode levar ao não carregamento ou devolução juntamente com o lixo ou ao longo das trilhas, disponibilizando-as a outros organismos chamados de não-alvo, como *Ectatomma brunneum* (Hymenoptera, Formicidae, Ectatomminae), uma formiga de ampla distribuição na América Latina, principalmente no Brasil. Por se tratar de uma espécie generalista, até mesmo as iscas formicidas utilizadas no controle de formigas-cortadeiras em pastagens tornam-se atrativas e, dependendo do ingrediente ativo utilizado, o efeito pode ser retardado e inclusive cumulativo. Neste trabalho foram avaliados os efeitos de algumas substâncias químicas que podem atuar no seu metabolismo e comportamento através de dois experimentos em laboratório, um em que as operárias desta espécie de formiga foram expostas à iscas formicidas de diferentes ingredientes ativos, e outro, em que se verificou a influência das iscas formicidas na sua escolha alimentar. Antes do início dos experimentos, foi realizado um ensaio experimental para verificar se as formigas seriam atraídas pelas iscas comerciais e se o contato direto e indireto com os produtos causaria algum dano à população estudada.

INTRODUÇÃO GERAL

Há, pelo menos, 10^{15} formigas na Terra, as quais possuem o maior número de gêneros e espécies conhecidos comparado aos outros grupos de insetos sociais existentes. Possuem uma grande diversidade de adaptações ecológicas e sociais, incluindo a especialização alimentar. Estima-se que existam cerca de 18.000 espécies de formigas em todo o mundo, de modo que a maior diversidade se encontra nos trópicos e vai diminuindo gradualmente com o aumento da latitude (WILSON, 1971). Atualmente, de acordo com o *web site* pessoal de Agosti & Johnson, acessado em 21/08/2007, estão registradas em todo o mundo 11.981 espécies. No Brasil, estão descritas pouco mais de 2.000 espécies, sendo apenas algumas dezenas consideradas pragas (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999). Poucas espécies afligem e atormentam a vida do homem. Normalmente, estas são espécies exóticas que se tornam abundantes em áreas degradadas, geralmente associadas ao homem (FOWLER *et al.*, 1991).

Devido à enorme biomassa de formigas existentes no mundo, é de se esperar que elas entrem em conflito com o homem (FOWLER *et al.*, 1991). De acordo com Wheeler (1926), as atividades das formigas podem interferir nas do homem de três maneiras: através de seu hábito alimentar, da apropriação de porções de terra para nidificação e da agressividade, isto é, através do hábito de morder e ferocar. A primeira delas é a mais importante, e a interferência nas atividades humanas pode variar de acordo com a espécie de formiga.

Sérios problemas entre formigas e o homem tiveram início quando os Europeus iniciaram a colonização do Novo Mundo. Os primeiros registros vêm de oficiais de Portugal e Espanha nos séculos XV e XVI. As formigas cortadeiras, que compreendem as popularmente saúvas e quenquéns, foram responsáveis por dificultarem a agricultura em diversas áreas, sendo os gêneros *Atta* e *Acromyrmex* as primeiras formigas a serem consideradas como pragas, despertando interesse na pesquisa aplicada em Mirmecologia (FOWLER *et al.*, 1991).

Em ambientes pouco modificados, algumas espécies de formigas cortadeiras coletam material proveniente de uma grande variedade de plantas, assim como material vegetal seco e caído, comportando-se como cortadeiras oportunistas. Acumulam grande quantidade de nutrientes no interior de seus ninhos, aumentando a concentração de nitrogênio, carbono e fósforo (LEVAN & STONE, 1983), tornando possível o

crescimento de plantas que não sobreviveriam em solos pobres sem nutrientes (FOWLER *et al.*, 1991). Podem, ainda, depositar material orgânico não decomposto na superfície do solo ou em câmaras no interior dele, fazendo com que o solo do ninho de formigas e de seu entorno possuam significativamente alta proporção de nitrogênio mineralizado, e a densidade de microartrópodes e a de protozoários é muito maior (30x e 5x maiores, respectivamente) quando comparado com os solos controle (WAGNER, 1997; WAGNER *et al.*, 1997).

No entanto, em ambientes modificados para a pecuária ou agricultura, tornam-se pragas por utilizarem os recursos fornecidos pelo homem (GONÇALVES, 1961; FOWLER, 1979; QUIRÁN, 1998). É visão corrente que a influência antrópica, ao modificar os ambientes, é que causa o aumento na distribuição de algumas espécies de cortadeiras, bem como altera o padrão de comunidades das espécies preexistentes, favorecendo o aumento no número de espécies consideradas pragas (WEBER 1982, FARJI-BRENER & RUGGIERO 1994, VASCONCELOS & CHERRETT 1995, FARJI-BRENER 1996, DIEHL-FLEIG 1997).

Na agricultura nacional, entre as formigas cortadeiras, são as saúvas as que mais causam danos, pois seu ataque é intenso e se dá durante o ano todo. Caracterizam-se por possuírem o hábito de cortar e transportar material vegetal para os seus ninhos, onde é utilizado como substrato para o desenvolvimento de fungos, dos quais os indivíduos da colônia se alimentam (FOWLER *et al.*, 1991). Pode-se dizer que quase todas as plantas da América do Sul, Central e do Norte sofrem prejuízos. Em terras dominadas por saúvas, nada, ou quase nada se planta. Ainda, as galerias e panelas do saúveiro podem causar danos em construções, máquinas, estradas, represas e pontes, de modo que as paredes podem apresentar fendas e, nos casos mais graves, cedem e caem. Com exceção das formigas cortadeiras, que são nativas do continente americano, as outras espécies consideradas pragas são exóticas (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999).

Dentre as atividades econômicas realizadas pelo homem, as pastagens ocupam uma área apreciável de todas as regiões fisiográficas do país, representando a base alimentar de vários tipos de rebanhos. De acordo com o Censo Agropecuário realizado pelo IBGE, até 1996, as pastagens ocupavam consideráveis áreas em todos os Estados brasileiros, constituindo a principal forma de ocupação do solo. Praticamente todas as regiões do país têm a metade de seu território ocupado por pastagens destinadas à

criação do gado-de-corte, sendo as regiões Sudeste e Centro-Oeste as maiores concentradoras desse tipo de atividade (cerca de 58% e 59% da área total, respectivamente).

Dos métodos existentes para o controle de formigas-cortadeiras em pastagens, o uso de iscas granuladas tem se destacado (ZANÚNCIO *et al.*, 1980), principalmente por oferecer maior segurança ao operador (LOECK & NAKANO, 1984), menor custo de mão-de-obra e maior rendimento no campo (FORTI *et al.*, 1993). Apesar disso, a baixa atratividade do substrato das iscas – geralmente polpa cítrica - pode levar ao não carregamento ou devolução juntamente com o lixo ou ao longo das trilhas (DELABIE *et al.*, 2000; BOARETTO & FORTI, 1997), disponibilizando-as a outros organismos chamados de não-alvo.

Somente no Brasil, as iscas tóxicas destinadas ao controle de formigas dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* representam um mercado de 13 a 16 mil toneladas por ano (DELABIE *et al.*, 2000). No entanto, muitas podem ser tóxicas para inimigos naturais, que são freqüentemente mais suscetíveis a agrotóxicos do que suas presas, e há poucos produtos seletivos o suficiente para matar uma praga em particular sem afetar seus predadores, o que pode acarretar na diminuição da biodiversidade de ecossistemas agrícolas (PIMENTEL & LEHMAN, 1993). De acordo com Ramos *et al.* (2003), as iscas utilizadas para o controle de formigas-cortadeiras podem atrair espécies de formigas generalistas não-alvo e, dependendo do ingrediente ativo utilizado, o efeito pode ser retardado e inclusive cumulativo, contaminando espécies onívoras que coletam cadáveres de indivíduos contaminados.

Essas substâncias químicas atuam no sistema nervoso e endócrino dos insetos, inibindo ou hiperativando mensageiros químicos e hormônios (CHAPMAN, 1998), causando mudanças fisiológicas, no desenvolvimento e comportamento do organismo que entra em contato com essas substâncias (OMOTO, 2000). Dentre as que atuam no sistema nervoso dos insetos, estão os inseticidas, bastante empregados na agricultura e no controle de vetores de importância médica e veterinária. Os trabalhos que estudam os efeitos destas substâncias tóxicas são de fundamental importância para que se possa obter um melhor conhecimento sobre o modo de ação, as mudanças comportamentais e fisiológicas nos seres vivos, além de auxiliarem na elaboração de programas de manejo

integrado de pragas (MIP), que visam o menor dano possível aos organismos não-alvo e, conseqüentemente, aos ecossistemas (LARINI, 1999).

O controle de formigas cortadeiras em pastagens geralmente é feito com iscas formicidas com ingredientes ativos como sulfluramida, fipronil e clorpirifós. A sulfluramida, também conhecida pelo nome técnico de Mirex-S, é enormemente utilizada como formicida na forma de iscas granuladas atrativas, na concentração de 0,3%. No inseto, afeta o processo de fosforilação oxidativa agindo sobre as mitocôndrias, interrompendo a síntese de ATP (adenosina trifosfato). A perda temporária da produção de ATP é letal para os insetos (LARINI, 1999). O fipronil, que atua como inseticida de contato e de ação estomacal, vem sendo utilizado no controle de mais de 250 espécies de pragas em 60 culturas. Atua no sistema nervoso central dos insetos bloqueando a passagem de íons cloro através dos canais de cloro regulados pelo GABA (ácido gama-aminobutírico), um importante neurotransmissor (*Pesticide Action Network*, 2000). O clorpirifós, um inseticida organofosforado, é tóxico para uma ampla variedade de artrópodos benéficos, incluindo abelhas, formigas, joaninhas, vespas, entre outros (COX, 1995). Inibe a ação de diversas enzimas, principalmente a acetilcolinesterase, enzima que controla a hidrólise da acetilcolina, um importante neurotransmissor. Assim, na ausência da acetilcolinesterase, a acetilcolina liberada se acumula e evita a transmissão dos impulsos nervosos através da fenda sináptica da junção nervosa, provocando um colapso no sistema nervoso central (LARINI, 1999).

Em pastagens também existem insetos que não causam danos econômicos, como *Ectatomma brunneum* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera, Formicidae, Ectatomminae), uma formiga de ampla distribuição na América Latina (BROWN-JR, 1958), principalmente no Brasil (KEMPF, 1972). Por ser uma espécie generalista, até mesmo as iscas formicidas utilizadas no controle de formigas cortadeiras em pastagens tornam-se atrativas e, dependendo do ingrediente ativo utilizado, o efeito pode ser retardado e inclusive cumulativo (RAMOS *et al.*, 2003). A diminuição de indivíduos de *E. brunneum* e de outras espécies de formigas não-alvo já foi observada até mesmo após a utilização de herbicida em uma área de eucalipto, evidenciando o impacto negativo indireto da alteração do *habitat* sobre esta espécie considerada como não-alvo (RAMOS *et al.*, 2004), o que faz com que haja a necessidade de maiores estudos para se

compreender melhor quais são os efeitos destes produtos sobre esta espécie de formiga não-alvo.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi procurar contribuir com um melhor conhecimento dos efeitos das substâncias químicas que podem atuar no metabolismo e comportamento da espécie de formiga não-alvo *Ectatomma brunneum* que habita, juntamente com espécies de formigas cortadeiras causadoras de danos em diversos agroecossistemas, incluindo as pastagens. Considerando a eficiência de iscas formicidas à base de sulfluramida, fipronil e clorpirifós no controle de diversas espécies de formigas cortadeiras nestes locais, algumas questões deverão ser respondidas:

- as marcas comerciais de iscas formicidas usadas neste trabalho, destinadas ao controle de formigas cortadeiras em pastagens, são atrativas a esta espécie de formiga não-alvo ou simplesmente repelentes?
- sendo atrativas, qual o comportamento exercido pelas operárias? Elas ingerem as iscas no local ou carregam para o interior do ninho? Há devolução?
- em condições de múltipla escolha alimentar, esta atratividade permanece ou ocorre somente na ausência do alimento convencional?
- no que acarreta o contato direto e indireto das formigas com as iscas? Ocorre mortalidade significativa?
- qual dos ingredientes ativos é mais prejudicial?

Para tentar responder estas perguntas, nos capítulos 2 e 3 deste trabalho foram realizados dois experimentos em laboratório. No primeiro, operárias da espécie de formiga estudada foram expostas à iscas formicidas de diferentes ingredientes ativos e sua mortalidade observada. No segundo experimento, fontes alimentares diferentes foram oferecidas simultaneamente e vários comportamentos foram registrados. Antes do início dos experimentos, foi realizado um ensaio experimental para comprovar a atratividade das formigas pelas iscas comerciais e se o contato direto e indireto com os produtos causaria algum dano à população estudada.

ENSAIO EXPERIMENTAL

Coleta das colônias em campo

Os ninhos foram localizados em áreas de vegetação aberta através do acompanhamento de um indivíduo forrageador até o orifício de entrada (Figura 1). Foram coletadas 3 colônias de *E. brunneum* em áreas de vegetação aberta no Campus da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” em Rio Claro/SP, para servirem de matrizes na obtenção de operárias. Posteriormente, estas colônias foram transferidas para o laboratório do Biotério da mesma Instituição e abrigadas em ninhos artificiais de gesso formados por 3 câmaras de tamanhos crescentes: uma primeira câmara menor (4cm de diâmetro), a segunda de tamanho intermediário (6cm de diâmetro) e a terceira maior (8cm de diâmetro), interligadas por túneis de 1 cm de largura, conforme proposto por Antonialli-Jr & Giannotti (2002) (Figura 2a).



Figura 1 – Operária de *Ectatomma brunneum* próxima ao orifício de entrada de seu ninho no campo.

Sobre os ninhos artificiais, foi colocada uma cobertura de vidro para proteção da colônia e, sobre ela, uma folha de papel celofane vermelho, para impedir a entrada de luz e permitir a observação do seu interior. Os ninhos foram então abrigados em uma caixa de vidro de 60cm de comprimento x 40cm de largura x 15cm de altura, coberta com uma tampa de vidro transparente para diminuir possíveis perturbações do ambiente.

A caixa de vidro permaneceu sobre potes de vidro, que foram colocados dentro de placas de petri com água e detergente, evitando o ataque de possíveis predadores, principalmente outras espécies de formigas. Dentro da caixa de vidro, ao lado do ninho, foram oferecidas diariamente larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), água e solução saturada de sacarose à temperatura ambiente ($23^{\circ}\text{C}\pm 1,8$) em tubos de ensaio de 10cm de comprimento vedados com algodão (Figura 2b).

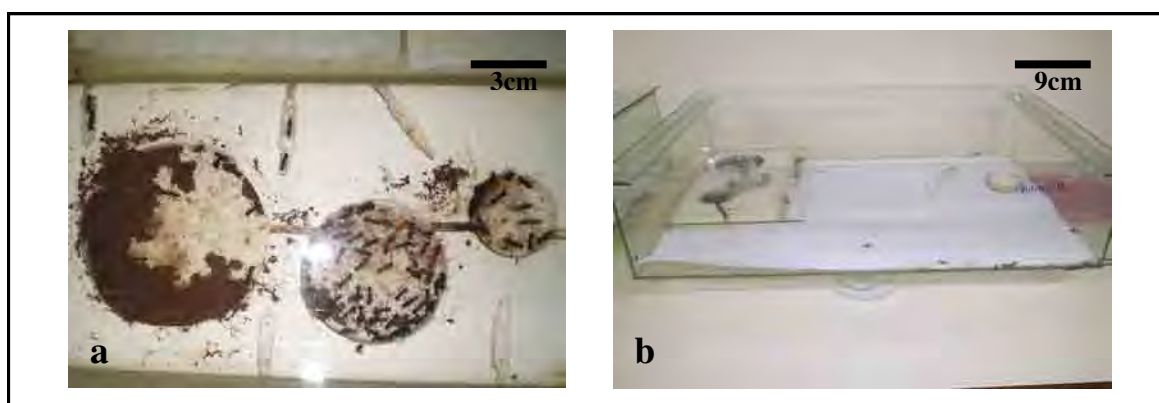


Figura 2 – Ninhos de *Ectatomma brunneum* em laboratório: (a) ninho artificial de gesso com três câmaras crescentes, com a entrada localizada na câmara menor; (b) caixa de vidro para acomodação do ninho de gesso e arena de forrageamento.

A temperatura do laboratório permaneceu em $23^{\circ}\text{C}\pm 1,8$ com o uso de aparelho de ar condicionado, e os ninhos permaneceram sob regime artificial de luz fria das 8:00h às 18:00h. A umidade relativa do ar foi mantida em $70\%\pm 12,4$ com o auxílio de recipientes com água distribuídos pelo laboratório.

Bioensaio 1

Formulações granuladas comerciais de três ingredientes ativos de ação formicida: *sulfluramida* (Mirex-S Max NA, isca granulada, 0,3%, Atta Kill Indústria e Comércio), *fipronil* (Blitz-NA, isca granulada, 0,003%, Basf S.A.) e *clorpirifós* (Isca Formicida Landrin, isca granulada, 0,45%, Landrin Indústria e Comércio de Inseticidas), foram oferecidas às formigas e seus efeitos observados.

Para comprovar a atratividade das formigas pelas iscas formicidas, foram sorteados entre as colônias matrizes, 3 grupos com 10 operárias cada um, denominados de Tratamento 1 (sulfluramida), Tratamento 2 (fipronil) e Tratamento 3 (clorpirifós), os quais foram acondicionados em ninhos artificiais de gesso, como descrito

anteriormente. Foram oferecidas porções de 10g de iscas formicidas em cada tratamento e, no controle, os procedimentos foram os mesmos, entretanto, no lugar das iscas granuladas, foi oferecida a mesma matriz (*pellets* de polpa cítrica), porém com ausência de inseticidas. Exceto água, nenhum outro alimento foi disponibilizado durante o período de observação. Depois de sete dias, algumas visitas às iscas foram observadas, porém, não houve ingestão ou transporte para o ninho, assim como nenhuma morte foi registrada. Uma vez que as iscas são próprias para o controle de formigas-cortadeiras, o tamanho dos *pellets* poderia ter influenciado os resultados. Como são grandes em relação ao tamanho das operárias de *E. brunneum*, talvez tenha havido uma limitação das formigas em carregar as iscas e triturá-las para poderem ser ingeridas. Dessa forma, antes de serem oferecidas às formigas, as iscas foram trituradas com o auxílio de um pequeno martelo, de modo a deixar tamanhos diferentes de *pellets*. Novamente, após uma semana de observações, o desinteresse permaneceu.

Esses resultados revelaram que operárias de *E. brunneum* não foram atraídas pelas iscas formicidas testadas nas condições em que são oferecidas às formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* em campo. As iscas não foram ingeridas ou transportadas, independentemente do tamanho dos *pellets*, o que pode contribuir para a redução dos riscos de contaminação em condições de campo.

A partir desta constatação, uma terceira situação de exposição foi reproduzida em laboratório na tentativa de tentar identificar qual seria o fator que estaria impedindo que as formigas fossem atraídas pelas iscas, uma vez que esta espécie já foi vista carregando porções de iscas em campo (RAMOS *et al.*, 2004). Em decorrência da aplicação em solo ou vegetação úmidos, ou pouco antes de eventos de chuva, a umidade das iscas pode ser aumentada devido à grande capacidade de absorção dos materiais que as compõem. Embora nos três produtos haja a recomendação de se evitar a aplicação das iscas nessas circunstâncias, é uma situação que deve ser levada em consideração, pois dependendo do tempo levado para que as formigas-cortadeiras colem esse material, as iscas podem permanecer por várias horas no campo, ficando disponíveis para outras espécies.

Dessa forma, antes de serem oferecidas às operárias de *E. brunneum*, as iscas foram umedecidas com água na quantidade necessária até que atingissem seu ponto de encharcamento, sem a necessidade de serem trituradas. Pôde ser observada a imediata

absorção de água pelos três produtos (4 segundos, em média), o que fez com que houvesse um grande aumento de volume. Observou-se que cada produto apresentou diferentes capacidades de absorção. Para cada 10g de iscas, a quantidade de água utilizada foi de 20mL para Mirex-S Max NA, 12mL para Blitz-NA, 10mL para Landrin e 30mL para os *pellets* de polpa cítrica. Quantidades e tipos de produtos inertes, porosidade e diferentes processamentos podem ser responsáveis por essas diferenças, o que levou os produtos a absorverem água em diferentes proporções.

Imediatamente após o oferecimento das iscas hidratadas, as operárias demonstraram interesse e permaneceram por vários minutos se alimentando de pequenas quantidades. Após esse tempo, já apresentavam movimentos lentos e desorientados, demonstrando um possível efeito tóxico do produto. Dessa forma, foi atingida a condição ideal de atração e ingestão das iscas, sendo a umidade um fator determinante. Isso pode ser explicado pelo fato de que operárias adultas não ingerem partículas sólidas durante sua alimentação, somente líquidas (GLANCEY *et al.*, 1981). Quando o alimento entra na cavidade pré-oral, por compressão, é forçado a passar por um filtro de pequenas cerdas, que seleciona o material sólido ingerido na alimentação ou durante o processo de limpeza do corpo. Isso é necessário uma vez que estas partículas podem bloquear o proventrículo e impedir a passagem de alimento para o intestino médio (EISNER & HAPP, 1962). O acúmulo desse material filtrado, não ingerido, é eliminado da cavidade infrabucal sob a forma de pequenas bolinhas (*pellets*) (QUINLAN & CHERRETT, 1978). Portanto, como as iscas comerciais apresentam umidade extremamente reduzida, não permitiram a ingestão pelas operárias.

Por esses motivos, chegou-se à conclusão de que, em condições normais de exposição, as operárias de *E. brunneum* não foram atraídas pelas marcas comerciais de iscas formicidas utilizadas neste estudo. No entanto, quando a umidade dos produtos foi elevada, aumentou-se a atratividade e possibilitou-se a ingestão.

Assim, atingida a condição que possibilitou a atração e ingestão das iscas, outro experimento foi realizado com o objetivo de verificar quais são as conseqüências do contato direto (através da ingestão) e indireto (através da trofalaxia e *grooming*) das operárias com as iscas.

Bioensaio 2

As mesmas marcas comerciais foram utilizadas, denominadas de Tratamento 1 (sulfluramida), Tratamento 2 (fipronil) e Tratamento 3 (clorpirifós). Cada tratamento foi composto por 30 operárias de *E. brunneum* cada um, sorteados entre os três ninhos matrizes e acondicionados em ninhos artificiais de gesso como descrito anteriormente. Na área de forrageamento foram oferecidas diariamente, por 20 dias, água e solução açucarada em tubos de ensaio de 10cm de comprimento vedados com algodão, e 10g de iscas granuladas em placas de petri de 4cm de diâmetro. Durante este período, nenhum outro alimento sólido foi oferecido. As formigas foram deixadas sem alimentação por 24 horas antes do oferecimento das iscas. No controle (Tratamento 4), os procedimentos foram os mesmos, entretanto, no lugar das iscas granuladas, foi oferecida a mesma matriz das iscas (*pellets* de polpa cítrica). Cada experimento foi repetido por 3 vezes e a posição das placas contendo as iscas foi modificada para tentar minimizar possíveis condicionamentos das formigas através da produção de trilhas químicas. Após a introdução das iscas, houve um acompanhamento diário da mortalidade por 20 dias.

Após o período de observação, foram registradas mortes significativas nos 3 tratamentos, assim como alterações no comportamento das operárias, que podem ser característicos da intoxicação, como tremores constantes e hiperexcitação. No tratamento controle nenhuma morte foi observada. Portanto, conclui-se que, após terem sua umidade alterada, as três marcas comerciais de iscas se tornaram mais atrativas e causaram mortalidade às operárias de *E. brunneum*, possibilitando o prosseguimento dos demais testes apresentados nos capítulos 2 e 3 deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTI, D. & JOHNSON, N.F. Editors. 2005. **Antbase**. *World Wide Web electronic publication*. Disponível em <www.antbase.org>, version (05/2005). Acesso em 21 de Fevereiro de 2007.
- ANTONIALLI-JR, W. & GIANNOTTI, E. Division of labor in *Ectatomma edentatum* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v.39, n.1, pp.37-63, 2002.
- BOARETTO, M.A.C. & FORTI, L.C. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. **Série Técnica IPEF**, v.11, n.30, pp.31-46, mai, 1997.
- BROWN-Jr. W.L. Contributions toward a reclassification of the Formicidae. II. Tribe Ectatommini (Hymenoptera). **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology**, v. 118, n. 5, pp. 175-362, 1958.
- BUENO, O.C. & CAMPOS-FARINHA, A.E.C. As formigas domésticas. Capítulo 6, p. 135-180. In: MARICONI, F. A. M. **Insetos e outros invasores de residências**. Piracicaba: FEALQ, v.6, 460p., 1999.
- CHAPMAN, R.F. **The insects: Structure and Function**. Cambridge University Press, 4th edition, Cambridge, p.770, 1998.
- COX, C. Chlorpyrifos: Ecological Effects. **Journal of Pesticide Reform**, v.15, n.2, pp.1-19, 1995.
- DELABIE, J.H.C.; DELLA-LÚCIA, T. & PASTRE, L. Protocolo de experimentação para avaliar a atratividade de novas formulações de iscas granuladas utilizadas no controle de formigas cortadeiras *Acromyrmex* spp. e *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini) no campo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.29, n.4, p.843-848, 2000.
- DIEHL-FLEIG, E. Ocorrência de *Acromyrmex* em áreas com distintos níveis de perturbação antrópica no Rio Grande do Sul. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 19, n.2, pp.165-171, 1997.
- EISNER, T. & HAPP, G.M. The infrabucal pocket of a Formicinae ant: a social filtration device. **Psyche**, v. 69, n. 3, p. 107-116, 1962.
- FARJI-BRENER, A.G.F. Posibles vías de expansión de la hormiga cortadora de hojas *Acromyrmex lobicornis* hacia la Patagonia. **Ecología Austral**, Luján, 6: 144-150. 1996.

- FARJI-BRENER, A.G.F. & A. RUGGIERO. Leaf-cutting ants (*Atta* and *Acromyrmex*) inhabiting Argentina: patterns in species richness and geographical range sizes. **Journal of Biogeography**, v. 21, n.4, pp.391-399, 1994.
- FORTI, L.C.; DELLA-LUCIA, T.M.C.; YASSU, W.K.; BENTO, J.M.S. & M.A.S. PINHÃO. Metodologias para experimentos com iscas granuladas para formigas cortadeiras, 191-211. *In*: DELLA-LUCIA T. M. C. (ed.), **As formigas cortadeiras**. Viçosa, Folha de Viçosa, 262p., 1993.
- FOWLER, H.G.; FORTI, L.C.; BRANDÃO, C.R.F.; DELABIE, J.H.C. & VASCONCELO, H.L. Ecologia nutricional de formigas. *In*. A. R. PANIZZI e J. R. P. PARRA. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. Manole Editora LTDA. São Paulo, SP. pp.131-223, 1991.
- GLANCEY, B.M.; VANDER-MEER, R.K.; GLOVER, A.; LOFGREN, C.S. & VINSON S.B. Filtration of microparticules from liquids ingested by the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren. **Insectes Sociaux**, v. 28, n. 4, p. 395-401, 1981.
- GONÇALVES, C. R. O gênero *Acromyrmex* no Brasil. **Studia Entomologica**, v.4, n.1-4, p. 113-180, 1961.
- KEMPF, W.W. Catálogo abreviado das formigas da região neotropical (Hymenoptera: Formicidae). **Studia Entomologica**, v. 15, n. 1, 344 p., 1972.
- LARINI, L. **Toxicologia dos praguicidas**. Editora Manole Ltda, 1ª edição, 230p., 1999.
- LEVAN, M.A. & STONE, E.L. Soil modification by colonies of Black Meadow ants in a New York old field. **Soil Science Society of America Journal**, 47: 1192-1195, 1983.
- LOECK, A.E. & NAKANO, O. Efeito de novas substâncias visando o controle de saúveiros novos de *Atta laevigata* (Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). **O solo**, Piracicaba, v.76, n.1, p.25-30, jan/jun, 1984.
- OMOTO, C. Modo de ação de inseticidas e resistência de insetos a inseticidas. *In*: **Bases e técnicas do manejo de insetos**, ed. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, v.1, p.31-49, 2000.
- PESTICIDE ACTION NETWORK , UK (PAN). Fipronil. **Pesticide News**, n.48, p.20, June 2000.

- PIMENTEL, D. & LEHMAN, H. The pesticide question - Environment, economics and ethics. *In*: EDWARDS, C. A. (ed.) **The impact of pesticides on the environment**. Chapman & Hall, p. 13-46, 1993.
- QUINLAN, R.J. & CHERRET, J.M. Studies on role of infrabuccal pocket of leaf-cutting ant *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Hymenoptera: Formicidae). **Insectes Sociaux**, v. 25, n. 3. p. 237-245, 1978.
- QUIRÁN, E.M. Hormigas cortadoras en Argentina. *In*: BERTI-FILHO, E.; MARICONI, F.A.M. & FONTES, L.R. (Eds). **Anais do simpósio sobre formigas cortadeiras dos países do Mercosul**. Piracicaba, FEALQ, 139p., 1998.
- RAMOS, L.S.; MARINHO, C.G.S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J.H.C. & SCHLINDWEIN, M.N. Impacto de iscas formicidas granuladas sobre a mirmecofauna não-alvo em eucaliptais segundo duas formas de aplicação. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 2, p. 231-237, 2003.
- RAMOS, L.S.; ZANETTI, R.; MARINHO, C.G.S.; DELABIE, J.H.C.; SCHLINDWEIN, M.N. & ALMADO, R-P. Impacto das capinas mecânica e química do sub-bosque de *Eucalyptus grandis* sobre a comunidade de formigas (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 139-146, 2004.
- VASCONCELOS, H.L. & CHERRETT, J.M. Changes in leaf-cutting ant populations (Formicidae: *Attini*) after the clearing of mature forest in Brazilian Amazonia. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v.30, n.2, pp.107-113, 1995.
- WAGNER, D. The influence of ant nests on Acacia seed production, herbivory and soil nutrients. **Journal of Ecology**, 85: 83-93, 1997.
- WAGNER, D. BROWN, M.J.F.; GORDON, D.M. Harvester ant nests, soil biota and soil chemistry. **Oecologia** 112: 232-236, 1997.
- WEBER, N.A. Fungus ants. *In*: H. R. Hermann (Ed.). **Social insects**. New York, Academic Press, 1982.
- WHEELER, W.M. **Ants, their structure, development and behavior**. Columbia University Press, 663p., 1926.
- WILSON, E.O. **The insect societies**. The Belknap Press of Harvard University, Cambridge, Massachusetts, 548p., 1971.

ZANÚNCIO, J.C.; VILELA, E.F. & NOGUEIRA, S.B.. Emprego de iscas granuladas e pós-secos no controle de *Atta laevigata*, no município de Curvelo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.4, n.2, p.221-226, jul/dez, 1980.

Capítulo 2

Exposição de operárias de *Ectatomma brunneum* (Hymenoptera: Formicidae: Ectatomminae) à iscas formicidas contendo diferentes ingredientes ativos em condições de laboratório

RESUMO

Operárias da formiga não-alvo *Ectatomma brunneum* foram expostas em laboratório por 48 horas à iscas formicidas utilizadas em pastagens para o controle de formigas-cortadeiras. Foram utilizadas as formulações comerciais dos produtos Mirex-S (0,3% sulfluramida), Blitz-NA (0,003% fipronil) e Landrin (0,45% clorpirifós), comumente utilizadas no controle das formigas *Atta capiguara* e *Atta bisphaerica*, as principais espécies causadoras de danos em pastagens. O delineamento experimental foi composto por grupos de 30 operárias expostas a 10g de iscas formicidas umedecidas, utilizando-se 3 repetições. Houve um acompanhamento diário da mortalidade por 20 dias, sendo consideradas as operárias mortas e as intoxicadas. O tratamento controle recebeu apenas 10g de polpa cítrica umedecida. Com os resultados obtidos foi elaborada uma curva de sobrevivência em função do tempo de observação através do Método Kaplan-Meier, e comparadas através do *Logrank Test* (não-paramétrico) a um nível de significância de 5%. Os resultados revelaram que os três ingredientes ativos testados foram tóxicos, de modo que a população foi reduzida em 35,56% no tratamento com clorpirifós, 31,11% com sulfluramida e 30% com fipronil.

INTRODUÇÃO

Dentre as atividades econômicas realizadas pelo homem, as pastagens ocupam uma área apreciável de todas as regiões fisiográficas do país, representando a base alimentar de vários tipos de rebanhos (SILVEIRA-NETO *et al.*, 1992). De acordo com o Censo Agropecuário realizado pelo IBGE, até 1996, as pastagens ocupavam

consideráveis áreas em todos os Estados brasileiros, constituindo a principal forma de ocupação do solo. Praticamente todas as regiões do país têm a metade de seu território ocupado por pastagens destinadas à criação do gado-de-corte, sendo as regiões Sudeste e Centro-Oeste as maiores concentradoras desse tipo de atividade (cerca de 58% e 59% da área total, respectivamente).

Assim como em todos os tipos de culturas, as pastagens apresentam uma série de espécies de insetos benéficos e causadores de danos econômicos, comumente chamados de pragas. Dentre os insetos que mais causam danos, tanto pelo seu modo de vida quanto pelos danos diretos ocasionados, as formigas saúvas e as quenquéns (respectivamente gêneros *Atta* e *Acromyrmex*) estão entre os principais (MARICONI, 1970). Dos métodos existentes para o controle destas espécies, o uso de iscas granuladas tem se destacado (ZANÚNCIO *et al.*, 1980), principalmente por oferecerem maior segurança ao operador (LOECK & NAKANO, 1984), menor custo de mão-de-obra e maior rendimento no campo (ZANÚNCIO *et al.*, 1993; FORTI *et al.*, 1993). Apesar disso, a baixa atratividade da matriz das iscas – geralmente polpa cítrica - pode levar ao não carregamento ou devolução, juntamente com o lixo ou ao longo das trilhas (DELABIE *et al.*, 2000; BOARETTO & FORTI, 1997), disponibilizando-as a outros organismos. Dessa forma, muitas podem exercer seu efeito tóxico em organismos suscetíveis aos seus ingredientes ativos, e há poucos produtos seletivos o suficiente para matar uma praga em particular sem afetar seus inimigos naturais, o que pode acarretar na alteração da biodiversidade de ecossistemas agrícolas (PIMENTEL & LEHMAN, 1993).

Dentre os insetos existentes nas pastagens, tem-se *Ectatomma brunneum* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera, Formicidae, Ectatomminae), uma formiga de ampla distribuição na América Latina, que ocorre desde o Panamá até a Argentina (BROWN-JR, 1958) e, de acordo com Kempf (1972), em todas as regiões do Brasil, geralmente em áreas de vegetação aberta tais como margens de florestas ou clareiras, mas também em plantações, pastagens e vegetação secundária. Sua presença em pastagens foi observada por Kempf (1961), além de campos e vegetação secundária no Suriname. Os ninhos estudados por Overall (1986) foram encontrados em pastagens, campos e margens de estradas, assim como Santana-Reis & Santos (2001) puderam observar ninhos também em pastagens de *Brachiaria decumbens*. De acordo com Tofolo &

Giannotti (2005), suas colônias em laboratório se mostraram bastante resistentes, com operárias chegando a sobreviver por mais de 600 dias. Isto significa que, em condições ideais, esta espécie apresenta uma longevidade média bastante alta, com poucas mortes de indivíduos jovens (primeira morte aos 70 dias).

Por se tratar de uma espécie generalista, até mesmo as iscas formicidas utilizadas no controle de formigas-cortadeiras em pastagens tornam-se atrativas e, dependendo do ingrediente ativo utilizado, o efeito pode ser retardado e inclusive cumulativo (RAMOS *et al.*, 2003). A diminuição de indivíduos de *E. brunneum* já foi observada até mesmo após a utilização de herbicida em uma área de eucalipto, evidenciando o impacto negativo indireto da alteração do *habitat* sobre esta espécie considerada como não-alvo (RAMOS *et al.*, 2004).

As iscas formicidas utilizadas no controle de formigas cortadeiras em pastagens geralmente possuem como ingredientes ativos sulfluramida, fipronil e clorpirifós. A sulfluramida, também conhecida pelo nome técnico de Mirex-S, é enormemente utilizada como formicida na forma de iscas granuladas atrativas, na concentração de 0,3%. No inseto, afeta o processo de fosforilação oxidativa agindo sobre as mitocôndrias, interrompendo a síntese de ATP (adenosina trifosfato). A perda temporária da produção de ATP é letal para os insetos (LARINI, 1999). No ambiente urbano, é utilizada na formulação de iscas para o controle eficiente de espécies como a formiga argentina *Linepithema humile* (FORSCHLER & EVANS, 1994) e da formiga lava-pés *Solenopsis saevissima* com concentrações muito baixas (VASCONCELOS, 2007). Dentre as pragas agrícolas, o número de trabalhos é consideravelmente grande. No Estado de São Paulo, a saúva-limão, ou *At. sexdens rubropilosa*, é a mais prejudicial economicamente, atacando principalmente a citricultura (BOARETTO & FORTI, 1997). O controle destas formigas é uma prática corrente há muitos anos e as iscas tóxicas granuladas à base de sulfluramida representam o principal (ZANETTI *et al.*, 2003a,b, 2004) e mais eficiente método de controle (LARANJEIRO & ZANÚNCIO, 1995; ZANÚNCIO *et al.*, 2002; PERES-FILHO & DORVAL, 2003; ZANETTI *et al.*, 2003a; ZANETTI *et al.*, 2004). Ainda, espécies como *Ac. octospinosus* (CRUZ *et al.*, 2000), *Ac. subterraneus molestans* (ZANETTI *et al.*, 2003b; ZANÚNCIO *et al.*, 1996), *At. laevigata* (ZANÚNCIO *et al.*, 1992; ALVES *et al.*, 1997; ZANÚNCIO *et al.*, 1999) e *At. bisphaerica* (ZANÚNCIO *et*

al., 1993) foram completamente eliminadas com o uso de iscas à base de sulfluramida. No entanto, colônias de *Ac. balzani*, *Sericomyrmex* spp., *Mycocepurus goeldii*, *At.* spp. e *Ac. niger* não apresentaram qualquer sinal de intoxicação (ZANETTI *et al.*, 2003b).

O fipronil, que atua como inseticida de contato e de ação estomacal, vem sendo utilizado no controle de mais de 250 espécies de pragas em 60 culturas. Atua no sistema nervoso central dos insetos bloqueando a passagem de íons cloro através dos canais de cloro regulados pelo GABA (ácido gama-aminobutírico), um importante neurotransmissor (*Pesticide Action Network*, 2000). No ambiente urbano é utilizado em diferentes formulações para o controle de espécies de formigas como *Technomyrmex albipes* (WARNER & SCHEFFRAHN, 2005), a formiga argentina *Linepithema humile* (COSTA & RUST, 1999; HOOPER-BUI & RUST, 2000), a formiga-fantasma *Tapinoma melanocephalum* (ULLOA-CHACÓN & JARAMILLO, 2003) e as do gênero *Solenopsis* (COLLINS & CALLCOTT, 1998), com eficiência de 100%. López *et al.* (2000), obtiveram um controle de 86% dos ninhos de *Lasius neoniger*, uma espécie de formiga causadora de danos principalmente em campos de golfe nos Estados Unidos. Dentre as pragas agrícolas, o controle das espécies *At. cephalotes* e *Ac. octospinosus* (WHITE, 1998), *Camponotus punctulatus* (SIMAS *et al.*, 2000/01), as agressivas formigas do gênero *Iridomyrmex* (STEVENS *et al.*, 2002), *At. capiguara* (FORTI *et al.*, 2003) e *At. sexdens rubropilosa* (ZANÚNCIO *et al.*, 2002; PERES-FILHO & DORVAL, 2003) também foi 100% efetivo.

O clorpirifós, um inseticida organofosforado, é tóxico para uma ampla variedade de artrópodos benéficos, incluindo abelhas, formigas, joaninhas, vespas, entre outros (COX, 1995). Inibe a ação de diversas enzimas, principalmente a acetilcolinesterase, enzima que controla a hidrólise da acetilcolina, um importante neurotransmissor. Assim, na ausência da acetilcolinesterase, a acetilcolina liberada se acumula e evita a transmissão suave dos impulsos nervosos através da fenda sináptica da junção nervosa, provocando um colapso no sistema nervoso central (LARINI, 1999). Na formulação de iscas granuladas, não foi muito eficaz no controle de algumas espécies de formigas cortadeiras, como *At. capiguara* (FORTI *et al.*, 2003), *At. sexdens rubropilosa* (PERES-FILHO & DORVAL, 2003) e *Ac. octospinosus* (LINK *et al.*, 1995; CRUZ *et al.*, 2000). No entanto, resultados eficientes e rápidos foram obtidos no controle de *At. laevigata* (ZANÚNCIO *et al.*, 1999).

Essa grande quantidade de agrotóxicos aplicada anualmente em todo o mundo, que pode chegar a 2,5 milhões de toneladas, entra em contato com a biota e o meio em que vivem, muitas vezes causando sérios danos às suas populações. Trabalhos que avaliem seus efeitos sobre algumas espécies, como as de formigas não-alvo, são escassos (KIELY *et al.*, 2004).

OBJETIVO

Considerando-se a utilização de iscas formicidas granuladas à base de sulfluramida, fipronil e clorpirifós no controle de diversas espécies de formigas cortadeiras em pastagens, objetivou-se avaliar em laboratório a mortalidade de operárias de *E. brunneum*, uma espécie de formiga não-alvo que habita juntamente com as espécies causadoras de danos não somente pastagens, mas diversos outros agroecossistemas.

MATERIAL E MÉTODOS

Insetos

Os ninhos foram localizados em áreas de vegetação aberta através do acompanhamento de um indivíduo forrageador até o orifício de entrada (Figura 1). Foram coletadas 3 colônias de *E. brunneum* em áreas de vegetação aberta no Campus da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” em Rio Claro/SP, para servirem de matrizes na obtenção de operárias.

Posteriormente, estas colônias foram transferidas para o laboratório do Biotério da mesma Instituição e abrigadas em ninhos artificiais de gesso formados por 3 câmaras de tamanhos crescentes: uma primeira câmara menor (4cm de diâmetro), a segunda de tamanho intermediário (6cm de diâmetro) e a terceira maior (8cm de diâmetro), interligadas por túneis de 1 cm de largura, conforme proposto por Antonialli-Jr & Giannotti (2002) (Figura 2a).

Sobre os ninhos artificiais, foi colocada uma cobertura de vidro para proteção da colônia e, sobre ela, uma folha de papel celofane vermelho, para impedir a entrada de luz e permitir a observação do seu interior. Os ninhos foram então abrigados em uma caixa de vidro de 60cm de comprimento x 40cm de largura x 15cm de altura, coberta com uma tampa de vidro transparente para diminuir possíveis perturbações do ambiente.

A caixa de vidro permaneceu sobre potes de vidro, que foram colocados dentro de placas de petri com água e detergente, evitando o ataque de possíveis predadores, principalmente outras espécies de formigas. Dentro da caixa de vidro, ao lado do ninho, foram oferecidas diariamente larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), água e solução saturada de sacarose à temperatura ambiente ($23^{\circ}\text{C}\pm 1,8$) em tubos de ensaio de 10cm de comprimento vedados com algodão (Figura 2b).



Figura 1 – Operária de *Ectatomma brunneum* próxima ao orifício de entrada de seu ninho no campo.

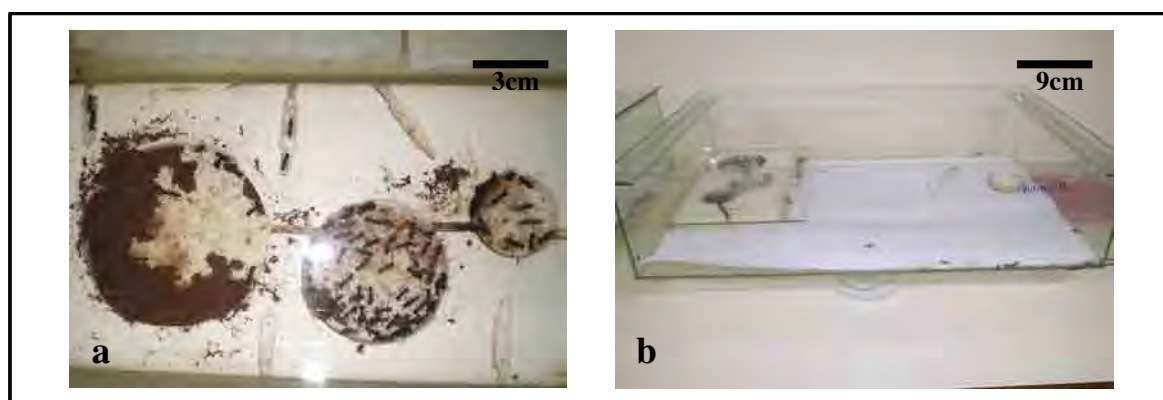


Figura 2 – Ninhos de *Ectatomma brunneum* em laboratório: (a) ninho artificial de gesso com três câmaras crescentes, com a entrada localizada na câmara menor; (b) caixa de vidro para acomodação do ninho de gesso e arena de forrageamento.

A temperatura do laboratório permaneceu em $23^{\circ}\text{C}\pm 1,8$ com o uso de aparelho de ar condicionado, e os ninhos permaneceram sob regime artificial de luz fria das

8:00h às 18:00h. A umidade relativa do ar foi mantida em $70\% \pm 12,4$ com o auxílio de recipientes com água distribuídos pelo laboratório.

Método experimental

Foram utilizados três ingredientes ativos de ação formicida: *sulfluramida* (Mirex-S Max NA, isca granulada, 0,3%, Atta Kill Indústria e Comércio), *fipronil* (Blitz-NA, isca granulada, 0,003%, Basf S.A.) e *clorpirifós* (Isca Formicida Landrin, isca granulada, 0,45%, Ladrin Indústria e Comércio de Inseticidas).

Cada tratamento foi composto por 30 operárias de *E. brunneum* cada um, sorteados entre as três colônias matrizes e acondicionados em ninhos artificiais de gesso como descrito anteriormente. Na área de forrageamento foram oferecidas por 48 horas, água e solução saturada de sacarose (25°C) em tubos de ensaio de 10cm de comprimento vedados com algodão e 10g de iscas granuladas umedecidas em placas de petri de 4cm de diâmetro. Em estudos prévios, foi verificado que as formigas foram atraídas e posteriormente ingeriram as iscas somente depois de seu umedecimento nas seguintes quantidades: Mirex S Max NA: 20mL, Blitz NA: 12mL e Landrin: 10mL para cada 10g de iscas. Durante o período das observações, nenhum outro alimento foi oferecido. As formigas foram deixadas sem alimentação por 24 horas antes do oferecimento das iscas. No controle, os procedimentos foram os mesmos, entretanto, no lugar das iscas granuladas, foi oferecida a mesma matriz (10g de *pellets* de polpa cítrica umedecida em 30mL de água), porém com ausência de inseticidas. Depois desse período, as formigas voltaram à sua dieta normal, baseada em proteínas (larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae)) e carboidratos (solução saturada de sacarose em tubos de ensaio de 10cm de comprimento vedados com algodão). Cada experimento foi repetido por 3 vezes, sendo que a posição das placas contendo as iscas foi modificada para tentar minimizar possíveis condicionamentos das formigas através da produção de trilhas químicas.

Após a introdução das iscas, houve um acompanhamento diário da mortalidade por 20 dias, sendo consideradas as operárias mortas e as intoxicadas. Com os resultados obtidos foram elaboradas curvas de sobrevivência em função do tempo de observação através do Método Kaplan-Meier, e comparadas através do método *Logrank Test* (não-

paramétrico) a um nível de significância de 5% (ELANDT-JOHNSON & JOHNSON, 1980) com o auxílio do programa *GraphPad Prism* versão 4.02.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sulfloramida (Mirex-S Max NA)

As observações diárias nos tratamentos com sulfloramida (0,3%) mostram que a primeira morte ocorreu nas primeiras 24 horas de exposição e voltaram a ocorrer somente no oitavo dia. Ao final dos 20 dias, totalizou-se 28 operárias mortas, não havendo diferenças estatísticas entre as repetições (Tabela 1). Isso demonstra que, mesmo depois das 48 horas de exposição, as operárias de *E. brunneum* continuaram sofrendo com os efeitos da contaminação do produto, o que resultou em uma redução de 31,11% da população ao final dos 20 dias de observação.

Tabela 1 - Mortalidade de operárias de *Ectatomma brunneum* após a exposição por 48 horas à sulfloramida (Mirex-S Max NA). Média \pm Desvio Padrão (DP); *P* = probabilidade de semelhança entre os tratamentos.

Dias de observação	Indivíduos Repetição 1	Indivíduos Repetição 2	Indivíduos Repetição 3	Total de Indivíduos	Mortalidade (%)
0	30	30	30	90	0
1	30	29	30	89	1,11
2	30	29	30	89	1,11
3	30	29	30	89	1,11
4	30	29	30	89	1,11
5	30	29	30	89	1,11
6	30	29	30	89	1,11
7	30	29	30	89	1,11
8	30	29	28	87	3,33
9	30	28	28	86	4,44
10	30	28	28	86	4,44
11	30	28	27	85	5,55
12	24	28	27	79	12,22
13	24	28	27	79	12,22
14	24	23	27	74	17,77
15	24	23	27	74	17,77
16	24	23	24	71	21,11
17	24	23	24	71	21,11
18	24	23	24	71	21,11
19	21	20	24	65	27,77
20	20	20	22	62	31,11
MÉDIA \pm DP	27,10 \pm 3,58	26,52 \pm 3,31	27,48 \pm 2,56	81,10 \pm 9,09	
<i>P</i> = 0,628 (não significativo)					

Até que as operárias chegassem à morte por intoxicação (Figura 3), o comportamento de cada uma delas foi observado de modo a se constatar indícios de contaminação. Caídas sobre o chão, com o corpo um pouco contraído, mexiam-se vagorosamente somente quando tocadas por outras operárias, demonstrando talvez o comprometimento da liberação de energia proveniente da molécula de ATP. De acordo com Schnellman & Manning (1990), um dos metabólitos da sulfluramida (ingrediente ativo do Mirex-S) atua nos processos de fosforilação oxidativa em nível mitocondrial, interrompendo a capacidade da célula em usar oxigênio, conduzindo à anoxia celular, o que leva ao comprometimento do metabolismo da célula e a produção de ATP é drasticamente reduzida. Com isso, diversos processos internos (como o transporte ativo de moléculas, síntese e secreção de substâncias) e externos (locomoção, alimentação) ficam seriamente comprometidos. Esse comportamento também foi observado por Laranjeiro & Zanúncio (1995) em *Atta sexdens rubropilosa* em plantações de eucalipto e, de acordo com Forti *et al.* (1993), pode haver a contaminação de outros indivíduos da colônia através dos comportamentos de limpeza de operárias-operárias (*allogrooming*), não havendo necessariamente a contaminação somente por ingestão direta.



Figura 3 – Operária de *Ectatomma brunneum* morta na arena de forrageamento após intoxicação por iscas granuladas à base de sulfluramida (0,3%).

Por se tratar de um ingrediente ativo de efeito retardado, a sulfluramida não mata as formigas imediatamente, permitindo a contaminação do restante da população (FORTI, 1997) através do processo de trofalaxia (FOWLER *et al.*, 1991), ou o contato direto de um número elevado de indivíduos. Além disso, o fato de que as formigas do gênero *Ectatomma* se alimentam de outras formigas, vivas ou recém-mortas (DELABIE, 1999), contribui para o processo de contaminação indireta através da captura de presas contaminadas. De acordo com Ramos *et al.* (2003), a diminuição na quantidade de alimentos disponível em uma área, depois de um tratamento com iscas granuladas, também contribui para o desaparecimento de diversas espécies de formigas, o que acaba por provocar um desequilíbrio no ecossistema.

A atração de diversas outras espécies de formigas não-alvo por iscas formicidas à base de sulfluramida já foi observada por Ramos *et al.* (2003). Estes autores verificaram que as populações de formigas predadoras como *E. brunneum*, *E. edentatum*, *Anochetus diegensis*, *Hypoponera* spp. e *Megalomyrmex* sp., foram severamente afetadas até 60 dias após a utilização de iscas formicidas contendo 0,3% de sulfluramida.

Fipronil (Blitz-NA)

Na Tabela 2 consta o número de indivíduos mortos nos tratamentos com iscas à base de fipronil (0,003%). Os dados mostram que a primeira morte ocorreu somente 6 dias depois da exposição. Ao final dos 20 dias de observação, o número total de indivíduos mortos foi 27, o que corresponde a 30% da população. Não houve diferenças estatísticas entre as repetições. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados nos tratamentos com sulfluramida, demonstrando também os efeitos retardados desta isca nas formigas.

As operárias também apresentaram um comportamento visivelmente alterado em função da intoxicação decorrente da exposição às iscas. Foi possível distinguir duas fases de comportamento: na primeira, houve um intenso movimento para cima e para baixo dos pares de pernas anteriores e medianos, que se mantiveram sempre esticadas; além disso, andavam rapidamente pela arena de forrageamento, com movimentos intensos das antenas e mandíbulas. Na segunda fase, elas caíram e contraíram todo o corpo (Figura 4), tremendo intensamente. Esse tipo de comportamento é característico

dos efeitos apresentados pela contaminação através do fipronil (ingrediente ativo do Blitz-NA), um bloqueador sistêmico da passagem de íons Cloro através dos canais clorados que são regulados pelo ácido gama-aminobutírico (GABA), que em doses suficientes, causa a morte por hiperexcitação (GENTILE *et al.*, 2004).

Tabela 2 - Mortalidade de operárias de *Ectatomma brunneum* após a exposição por 48 horas ao fipronil (Blitz-NA). Média \pm Desvio Padrão (DP); P = probabilidade de semelhança entre os tratamentos.

Dias de observação	Indivíduos Repetição 1	Indivíduos Repetição 2	Indivíduos Repetição 3	Total de Indivíduos	Mortalidade (%)
0	30	30	30	90	0
1	30	30	30	90	0
2	30	30	30	90	0
3	30	30	30	90	0
4	30	30	30	90	0
5	30	30	30	90	0
6	29	30	30	89	1,11
7	29	30	30	89	1,11
8	29	30	28	87	3,33
9	29	28	28	85	5,55
10	29	28	28	85	5,55
11	29	28	28	85	5,55
12	29	28	28	85	5,55
13	29	28	28	85	5,55
14	29	22	28	79	12,22
15	29	22	28	79	12,22
16	29	22	25	76	15,55
17	29	22	25	76	15,55
18	29	22	25	76	15,55
19	26	19	22	67	25,55
20	22	19	22	63	30
MÉDIA \pm DP	28,81 \pm 1,78	26,57 \pm 4,09	27,76 \pm 2,55	83,14 \pm 7,86	
$P = 0,056$ (não significativo)					

Visando o controle de gafanhotos migratórios em áreas de vegetação natural na Nigéria e na Mauritània, Balança & de-Visscher (1997a,b) verificaram os efeitos indiretos na comunidade de formigas existente naquele local. Ao final de 11 dias de observação depois da pulverização com fipronil (0,6 a 2g i.a. ha⁻¹), centenas de indivíduos mortos, pertencentes a várias espécies, se espalharam ao redor da entrada de seus ninhos. Essa mortalidade possivelmente tenha ocorrido devido à ação de contato com substrato vegetal tratado e pelo carregamento de gafanhotos mortos pelas operárias para o interior desses ninhos 48 horas depois da pulverização. Essa mortalidade a curto-prazo também pôde ser observada na comunidade de vespas. As famílias de vespas solitárias parasitoides como Braconidae e Scelionidae, e predadoras como Sphecidae,

foram severamente afetadas, apresentando mortalidades de 62%, 100% e 100%, respectivamente. Quando a concentração foi diminuída pela metade, as mortalidades diminuíram para 35%, 74% e 77%, respectivamente. Embora tenha havido um controle efetivo dos gafanhotos, os organismos não-alvo acabaram sofrendo os efeitos dessa exposição, o que fez com que a abundância relativa local apresentasse uma queda com chances de recuperação muito lenta.



Figura 4 – Operária de *Ectatomma brunneum* morta na arena de forrageamento após intoxicação por iscas granuladas à base de fipronil (0,003%).

Em vinhedos da Austrália, vespas européias do gênero *Vespa* têm causado sérios problemas ocupacionais devido às suas ferroadas e danos diretos à cultura e perda da qualidade do vinho. Ao serem tratadas com iscas à base de fipronil 0,025% e 0,1%, apresentaram mortalidade de 50-72% e 80% , respectivamente, depois de 4 dias de tratamento, minimizando a curto-prazo os problemas ocasionados (LEFOE *et al.*, 2001). O controle efetivo dessas vespas também foi obtido na Argentina por Sackmann *et al.* (2004). Todos os 46 ninhos espalhados em 12ha de reflorestamento na Patagônia foram eliminados ao final do verão depois de tratados com iscas à base de fipronil (0,1%).

A importância das abelhas (*Apis mellifera*) no monitoramento da poluição ambiental é conhecida devido à sua elevada taxa de reprodução, grande mobilidade e

amplitude de vôo, e polinização de cerca de 90% das espécies de plantas com flores e 80% dos vegetais de interesse econômico (McGREGOR, 1976). No entanto, poucos estudos têm sido realizados para avaliar os efeitos decorrentes da contaminação com inseticidas. A presença de certas substâncias inseticidas no mel foi detectada por Chauzat *et al.* (2006) em apiários na França. Dos 19 compostos encontrados, o fipronil e/ou seus metabólitos foram os terceiros mais freqüentes, estando presentes em 12,4% das amostras. A presença de metabólitos no mel possivelmente é derivada da fotodegradação natural no campo ou artificial em laboratório. Durante o período de estudo, nenhuma morte foi registrada, indicando que as abelhas foram cronicamente expostas a esses produtos. Se essa exposição resulta em efeitos negativos nessas populações não se sabe ao certo. O fato é que o número de abelhas vem diminuindo consideravelmente ao longo do tempo, e muitos agricultores e pesquisadores atribuem essa diminuição à exposição a produtos químicos.

Clorpirifós (Landrin)

Nas primeiras 24 horas de exposição às iscas com 0,45% de clorpirifós pôde-se observar a morte de apenas um indivíduo (Tabela 03), sendo que a mortalidade mais expressiva ocorreu somente nos 12º e 20º dia. Ao final dos 20 dias de observação, o número de indivíduos mortos foi 32, o que corresponde a 35,56% da população, o maior valor dos três tratamentos. Não houve diferenças estatísticas entre as repetições. No campo, Michereff-Filho *et al.* (2004) observaram reduções significativas na população de *E. brunneum* e outras espécies de formigas 20 dias depois da pulverização com clorpirifós em plantações de milho, não constatando nenhum sinal de recuperação até 8 semanas depois.

O comportamento observado dos indivíduos intoxicados se assemelhou bastante ao ocorrido nos tratamentos com fipronil, distinguindo-se também as mesmas fases: uma de agitação intensa, e outra de paralisia (Figura 5). De acordo com Larini (1999), os compostos organofosforados inibem a ação de diversas enzimas, principalmente a acetilcolinesterase, enzima que controla a hidrólise da acetilcolina, um importante neurotransmissor. Assim, na ausência da acetilcolinesterase, a acetilcolina liberada acumula e evita a transmissão suave dos impulsos nervosos através da fenda sináptica da junção nervosa, provocando um colapso no sistema nervoso central. A menos que

um reativador específico seja empregado, essa inibição da acetilcolinesterase é irreversível e a volta aos níveis normais depende da síntese de uma nova enzima.

Tabela 3 - Mortalidade de operárias de *Ectatomma brunneum* após a exposição por 48 horas ao clorpirifós (Landrin). Média \pm Desvio Padrão (DP); P = probabilidade de semelhança entre os tratamentos.

Dias de observação	Indivíduos Repetição 1	Indivíduos Repetição 2	Indivíduos Repetição 3	Total de Indivíduos	Mortalidade (%)
0	30	30	30	90	0
1	30	29	30	89	1,11
2	30	26	30	86	4,44
3	30	26	30	86	4,44
4	30	26	30	86	4,44
5	30	26	29	85	5,55
6	30	26	29	85	5,55
7	30	26	29	85	5,55
8	30	26	26	82	8,88
9	30	22	26	78	13,33
10	30	22	26	78	13,33
11	30	22	23	75	16,66
12	24	22	23	69	23,33
13	24	22	23	69	23,33
14	24	21	23	68	24,44
15	24	21	23	68	24,44
16	24	21	23	68	24,44
17	24	21	23	68	24,44
18	24	21	23	68	24,44
19	23	19	22	64	28,88
20	20	19	19	58	35,55
MÉDIA \pm DP	27,19 \pm 3,43	23,52 \pm 3,16	25,71 \pm 3,48	76,43 \pm 9,58	
$P = 0,052$ (não significativo)					

Para outras espécies não-alvo, como *Brachygastra lecheguana*, *Polybia paulista* e *Protopolybia exigua*, importantes vespas sociais predadoras do bicho-mineiro do cafeeiro, os efeitos do clorpirifós foram mais severos. Em apenas 6 horas depois do tratamento com resíduo seco (4,5 μg i.a./mL) em laboratório, uma mortalidade média de 77,5% ocorreu nas 3 espécies de vespas, o que corresponde a 99% de mortalidade do bicho-mineiro do cafeeiro nas mesmas condições (FRAGOSO *et al.*, 2001).

Em plantações de milho, Armenta *et al.* (2003) observaram a eliminação total das populações da formiga do gênero *Solenopsis* 15 dias após a pulverização com clorpirifós. Esse efeito negativo na atividade forrageadora de outras formigas predadoras dos gêneros *Crematogaster*, *Pheidole* e *Solenopsis* também foi observado por Michereff-Filho *et al.* (2002) até 3 semanas depois em áreas tratadas com

clorpirifós. De acordo com Perfecto (1990), a ausência desses e outros inimigos naturais contribuiu para o aumento da população *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), uma das principais pragas em plantações de milho.



Figura 5 – Operárias de *Ectatomma brunneum* mortas no interior do ninho após intoxicação por iscas granuladas à base de clorpirifós (0,45%).

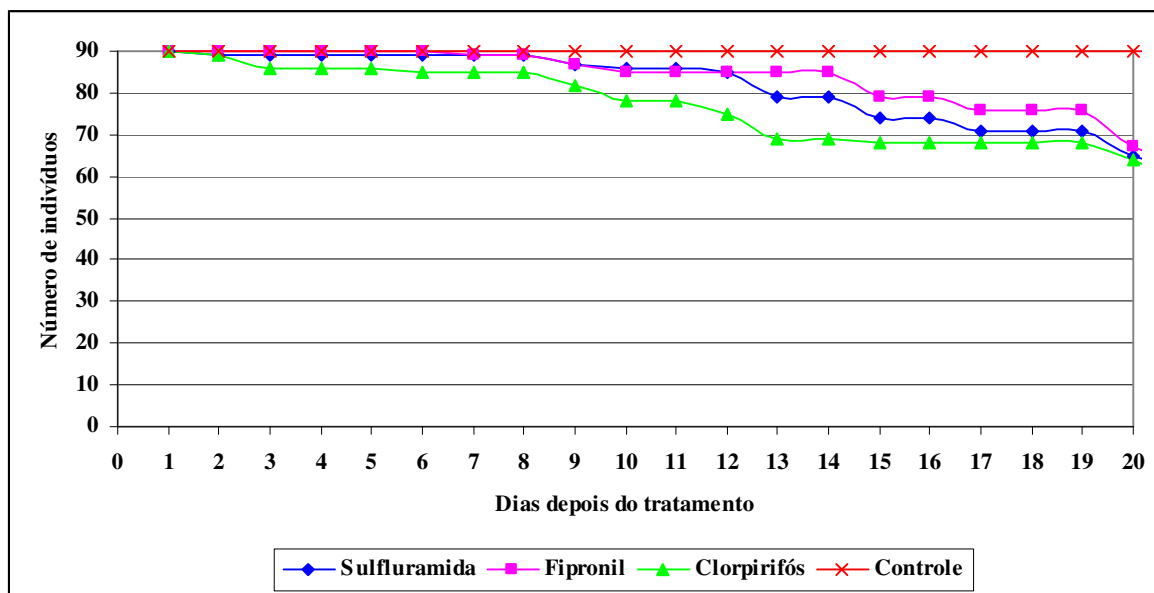
Rotineiramente os inseticidas são avaliados por seus efeitos letais em organismos-alvo. No entanto, pouca atenção é dada aos efeitos subletais, especialmente a organismos não-alvo. Machos de *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) mostraram um decréscimo em sua resposta ao feromônio sexual emitido pelas fêmeas depois de tratados com clorpirifós. Isso provavelmente ocorre devido à perturbação da interpretação do sinal que representa o feromônio, uma vez que, os inseticidas organofosforados (grupo químico ao qual pertence o clorpirifós) atuam no sistema nervoso central ao nível sináptico, prejudicando a comunicação entre os neurônios. As fêmeas, por sua vez, também sofreram os efeitos da exposição a esse inseticida, reduzindo consideravelmente a emissão desse feromônio também por perturbações nervosas (DELPUECH *et al.*, 1998). Essa contaminação causada por inseticidas provavelmente se estende para outros feromônios de comunicação em diversas espécies de organismos não-alvo. Em outra espécie, *T. pretiosum*, parasitóide

de *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae), o tratamento com clorpirifós não diminuiu significativamente a população; no entanto, o número de ovos parasitados diminuiu para cerca de 52-75% (MICHEREFF-FILHO *et al.*, 2002).

As curvas de sobrevivência dos tratamentos em função do tempo são apresentadas na Figura 6. No controle, nenhuma morte foi registrada; no entanto, os efeitos retardado e cumulativo dos produtos podem ser verificados através da discreta mortalidade inicial até os 10 primeiros dias, depois dos quais se acentuou nos tratamentos com clorpirifós. Os três inseticidas afetaram negativamente as populações de *E. brunneum* depois dos 20 dias de observações, de modo que o produto que causou maior mortalidade foi o clorpirifós, seguido por sulfluramida e fipronil.

A comparação dos 3 tratamentos através do método *Logrank Test* mostrou que há diferença significativa entre as curvas de sobrevivência ($P < 0,0001$) em relação ao controle. Embora o número final de indivíduos mortos tenha sido semelhante nos três tratamentos, as curvas que representam a mortalidade dos indivíduos em função do tempo nos tratamentos com fipronil e clorpirifós foram estatisticamente diferentes ($P < 0,05$).

Por se tratar de um organofosforado, o clorpirifós pode apresentar meia-vida de vários meses (LARTIGES & GARRIGUES, 1995), o que pode explicar sua maior influência sobre a mortalidade das formigas mesmo vários dias depois da retirada das iscas. Além disso, já se registrou elevadas taxas de volatilização do clorpirifós nos primeiros dias da exposição do produto na presença de luz (LEISTRA *et al.*, 2006), o que não ocorre com o fipronil (NGIM & CROSBY, 2001). Como as formigas tiveram o hábito de levar as iscas formicidas para o interior dos ninhos, o ar presente nas câmaras pode ter ficado saturado pelo clorpirifós, e a agravante da elevada umidade intranidal torna sua degradação ainda mais lenta (AWASTHI & PRAKASH, 1999), expondo por muito mais tempo os indivíduos presentes. No campo, essa característica de rápida volatilização do clorpirifós pode ser um dos fatores que contribui para sua baixa eficiência no controle de algumas espécies de insetos consideradas pragas (MEIKLE *et al.*, 1983).



	Qui-quadrado	39,12
	gl	3
	valor de P	P<0.0001
As curvas de sobrevivência são estatisticamente diferentes?		Sim

Figura 6 – Resultado da comparação das curvas de mortalidade das operárias de *E. brunneum* após 48 horas de exposição entre o controle e os inseticidas granulados à base de sulfluramida (0,3%), fipronil (0,003%) e clorpirifós (0,45%) através do método *Logrank Test* (ELANDT-JOHNSON & JOHNSON, 1980).

CONCLUSÃO

Nos experimentos realizados em laboratório as operárias de *E. brunneum* não foram repelidas pelas iscas formicidas em condições normais de exposição. No entanto, não houve atratividade suficiente para induzir o carregamento ou ingestão. Quando esse material foi umedecido, a atratividade aumentou significativamente, permitindo que porções das iscas fossem ingeridas na própria arena de forrageamento ou carregadas para o interior do ninho e distribuídas aos outros indivíduos, não sendo registrada, em nenhum dos tratamentos, a devolução total ou parcial das porções carregadas. A comparação dos 3 tratamentos através do método *Logrank Test* revelou que há diferença significativa entre as curvas de sobrevivência e o controle depois das 48 horas de exposição às iscas formicidas, sendo que o produto que causou maior mortalidade foi o clorpirifós, seguido por sulfluramida e fipronil.

Isso vem corroborar com alguns resultados já obtidos de que essa espécie de formiga, considerada como não-alvo, pode ser atraída pelas iscas formicidas destinadas ao controle de outros insetos causadores de danos em agroecossistemas, de acordo com as condições encontradas no campo e o modo de aplicação. Caso as recomendações indicadas para a aplicação de cada produto não sejam seguidas adequadamente, ocorre a possibilidade de não somente esta espécie, mas outras generalistas, serem atraídas pelas iscas, o que pode vir a causar efeitos indesejáveis a essas populações.

Existe a necessidade de desenvolvimento de metodologias que sejam empregadas em testes laboratoriais visando o contato de formigas não-alvo com as iscas formicidas aplicadas em campo. Trabalhos nesta área são escassos, o que dificulta a padronização dos experimentos. Desta forma, este trabalho contribuiu para o conhecimento de quais são os efeitos de algumas substâncias químicas sobre a espécie de formiga predadora estudada, além de propor uma metodologia laboratorial para se testar iscas formicidas em organismos não-alvo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J.B.; ZANÚNCIO, J.C.; GALO, M.V. & ZANETTI, R. Paralisação de forrageamento e controle de *Atta laevigata* (F. Smith) (Hymenoptera: Formicidae) com Mirex-S (sulfluramida) em duas metodologias de medição de formigueiros. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n.1, pp. 141-146, 1997.
- ANTONIALLI-JR, W. & GIANNOTTI, E. Division of labor in *Ectatomma edentatum* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v.39, n.1, pp.37-63, 2002.
- ARMENTA, R.; MARTINEZ, A.M.; CHAPMAN, J.W.; MAGALLANES, R.; GOULSON, D.; CABALLERO, P.; CAVE, R.D.; CISNEROS, J.; VALLE, J.; CASTILLEJOS, V.; PENAGOS D.I.; GARCÍA, L.F. & WILLIAMS, T. Impact of a nucleopolyhedrovirus bioinsecticide and selected synthetic insecticides on the abundance of insect natural enemies on maize in Southern Mexico. **Journal of Economic Entomology**, v.96, n.3, pp.649-661, 2003.
- AWASTHI, M.D. & PRAKASH, N.B.. Persistence of Chlorpyrifos in Soils under Different Moisture Regimes. **Pest Management Science**, v.50, n.1, pp.1-4, 1999.
- BALANÇA, G. & de-VISSCHER, M.N. Effects of very low doses of fipronil on grasshoppers and non-target insects following field trials for grasshopper control. **Crop Protection**, v.16, n.6, pp.553-564, 1997a.
- BALANÇA, G. & de-VISSCHER, M.N. Impacts on nontarget insects of a new insecticide compound used against the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forskål 1775). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.32, n.1, March 1997b.
- BOARETTO, M.A.C. FORTI, & L.C. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. **Série Técnica IPEF**, v.11, n.30, pp.31-46, mai, 1997.
- BROWN-Jr. W.L. Contributions toward a reclassification of the Formicidae. II. Tribe Ectatommini (Hymenoptera). **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology**, v. 118, n. 5, pp. 175-362, 1958.
- CHAUZAT, M.P.; FAUCON, J.P.; MARTEL, A.C.; LACHAIZE, J.; COUGOULE, N. & AUBERT, M. A survey of pesticide residues in pollen loads collected by honey bees in France. **Journal of Economic Entomology**, v.99, n.2, pp.253-262, 2006.

- COLLINS, H.L. & CALLCOTT, A.M.A. Fipronil: an ultra-low-dose bait toxicant for control of red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). **Florida Entomologist**, v.81, n.3, pp.407-415, 1998.
- COSTA, H.S. & RUST, M.K. Mortality and foraging rates of Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) colonies exposed to potted plants treated with fipronil. **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, v.16, n.1, pp.37-48, 1999.
- COX, C. Chlorpyrifos: Ecological Effects. **Journal of Pesticide Reform**, v.15, n.2, pp.1-19, 1995.
- CRUZ, A.P.; ZANUNCIO, J.C. & ZANETTI, R. Eficiencia de cebos granulados a base de sulfluramida o de clorpirifós en el control de *Acromyrmex octospinosus* (Hymenoptera: Formicidae) en el trópico húmedo. **Revista Colombiana de Entomología**, Bogotá, v. 26, n. 1-3, p. 67-69, 2000.
- DELABIE, J.H.C. Comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae): métodos de estudo e estudos de casos na Mata Atlântica. *In: Anais do Encontro de Zoologia do Nordeste*. Feira de Santana, Editora Feira de Santana – BA, pp.58-68, 1999.
- DELABIE, J.H.C.; DELLA-LÚCIA, T.M.C. & PASTRE, L. Protocolo de experimentação para avaliar a atratividade de novas formulações de iscas granuladas utilizadas no controle de formigas cortadeiras *Acromyrmex* spp. e *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini) no campo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.29, n.4, p.843-848, 2000.
- DELPUECH, J.M.; FROMENT, B.; FOUILLET, P.; POMPANON, F.; JANILLON, S. & BOULÉTREAU, M. Inhibition of sex pheromone communications of *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera) by the insecticide chlorpyrifos. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.17, n.6, pp.1107-1113, 1998.
- ELANDT-JOHNSON, R. & JOHNSON, N. L. **Survival models and data analysis**. John Wiley and Sons, New York. 1980.
- FORSCHLER, B.T. & EVANS, G.M. Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) foraging activity response to selected containerized baits. **Journal of Entomological Science**, v.29, pp.209-214, 1994.
- FORTI, L.C. **Formigas cortadeiras: distribuição geográfica, biologia, ecologia e danos**. Apostila do curso de reciclagem sobre formigas cortadeiras. SENAR, Curitiba/PR, 1:1-41, 1997.

- FORTI, L.C.; DELLA-LUCIA, T.M.C.; YASSU, W.K.; BENTO, J.M.S. & PINHÃO, M.A.S. Metodologias para experimentos com iscas granuladas para formigas cortadeiras, 191-211. *In*: DELLA-LUCIA T.M.C. (ed.), **As formigas cortadeiras**. Viçosa, Folha de Viçosa, 262p., 1993.
- FORTI L.C.; NAGAMOTO, N.S.; RAMOS, V.M.; PROTTI de ANDRADE, A.P.; LOPES, J.F.; da SILVA-CAMARGO, S.R.; ALVES-MOREIRA, A. & CASTELLANI BOARETTO, M.A. Eficiência de sulfluramida, fipronil y clorpirifos como sebos en el control de *Atta capigura* Gonçalves (Hymenoptera: Formicidae). **Pasturas Tropicales**, v.25, n.3, Dez.2003.
- FOWLER, H.G.; FORTI, L.C.; BRANDÃO, C.R.F.; DELABIE, J.H.C. & VASCONCELO, H.L. Ecologia nutricional de formigas. *In*. A.R. PANIZZI e J.R.P. PARRA. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. Manole Editora LTDA. São Paulo, SP. pp.131-223, 1991.
- FRAGOSO, D.B.; JUSSELINO-FILHO, P.; GUEDES, R.N.C. & PROQUE, R. Seletividade de inseticidas a vespas predadoras de *Leucoptera coffeella* (Guér.-Mènev.) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Neotropical Entomology**, v.30, n.1, pp.139-144, 2001.
- GENTILE, A.G.; SARTINI, J.L; CAMPO, M.C. & SÁNCHEZ, J.F. Eficacia del fipronil en el control del ciclo peridomiciliario de *Triatoma infestans* en un área con resistência a la Deltametrina. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, pp. 1240-1248, set-out, 2004.
- HOOPER-BUI, L.M. & RUST, M.K. Oral toxicity of abamectin, boric acid, fipronil, and hydramethylnon to laboratory colonies of Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, v.96, n.3, pp.858-864, 2000.
- KEMPF, W.W. A survey of the ants of the soil fauna in Surinam (Hymenoptera: Formicidae). **Studia Entomologica**, v. 4, pp. 481-524, 1961.
- KEMPF, W.W. Catálogo abreviado das formigas da região neotropical (Hymenoptera: Formicidae). **Studia Entomologica**, v. 15, n. 1, 344 p., 1972.
- KIELY, T.; DONALDSON, D. & GRUBE, A. Pesticides industry sales and usage: 2000 and 2001 market estimates. U.S. **Environmental Protection Agency**, Washington, DC 20460, May 2004.

- LARANJEIRO, A.J. & ZANÚNCIO, J.C. Avaliação da isca à base de sulfluramida no controle de *Atta sexdens rubropilosa* pelo processo de dosagem única de aplicação. **IPEF** n.48/49, p.144-152, jan/dez 1995.
- LARINI, L. **Toxicologia dos praguicidas**. Editora Manole Ltda, 1a edição, 230p., 1999.
- LARTIGES, S.B. & GARRIGUES, P.P. Degradation kinetics of a organophosphorus and organonitrogen pesticides in different waters under various environmental conditions. **Environmental Science & Technology**, v.29, pp.1246-1254, 1995.
- LEFOE, G.; WARD, D.; HONAN, P.; DARBY, S. & BUTLER, K. Minimising the impact of European wasps on the grape and wine industry. **Final report to Grape and Wine Research & Development Corporation**, DAV 99/1, 14 December, 2001.
- LEISTRA, M.; SMELT, J.H.; WESTSTRATE, J.H.; van-den-BERG, F. & AALDERINK, R. Volatilization of the pesticides chlorpyrifos and fenpropimorph from a potato crop. **Environmental Science & Technology**, v.40, n.1, pp.96-102, Jan1 2006.
- LINK, D.; LINK, H.M. & LINK, F.M. Atratividade e rejeição de iscas formicidas granuladas à base de clorpirifós no controle de *Acromyrmex octospinosus*. **Anais do XII Encontro de Mirmecologia**, Porto Alegre, RS, p.112, 1995.
- LOECK, A.E. & NAKANO, O. Efeito de novas substâncias visando o controle de saueiros novos de *Atta laevigata* (Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). **O solo**, Piracicaba, v.76, n.1, p.25-30, jan/jun, 1984.
- LÓPEZ, R.; HELD, D.W. & POTTER, D.A. Management of a mound-building ant, *Lasius neoniger* Emery, on Golf Putting Greens and Tees using delayed-action baits or fipronil. **Crop Science**, v.40, pp.511-517, 2000.
- MARICONI, F.A.M. **As saúvas**. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, 167p., 1970.
- McGREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington: USDA, (Agriculture Handbook, 496), 411p., 1976.
- MEIKLE, R.W.; KURIHARA, N.H. & DEVRIES, D.H. Chlorpyrifos: the photodecomposition rates in dilute aqueous solution and on a surface, and the volatilization rate from a surface. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.12, n.2, pp.189-193, March1983.

- MICHEREFF-FILHO, M.; DELLA-LUCIA, T.M.C.; CRUZ, I.; GUEDES, R.N.C. & GALVÃO, J.C.C.. Chlorpyrifos spraying of no-tillage corn during tasselling and its effect on damage by *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) and on its natural enemies. **Journal of Applied Entomology**, v.126, pp. 422-430, 2002.
- MICHEREFF-FILHO, M.; GUEDES, R.N.C.; DELLA-LUCIA, T.M.C.; MICHEREFF, M.F.F. & CRUZ, I. Non-target impact of chlorpyrifos on soil arthropods associated with no-tillage cornfields in Brazil. **International Journal of Pest Management**, v.50, n.2, pp.91-99, 2004.
- NGIM, K.K. & CROSBY, D.G. Abiotic processes influencing fipronil and desethiofipronil Dissipation in California, USA, rice fields. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.20, pp.972-977, 2001.
- OVERAL, W.L. Recrutamento e divisão de trabalho em colônias naturais da formiga *Ectatomma quadridens* (Fabr.) (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae). **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi Zoologia**, v. 2, n. 2, p. 113-135, 1986.
- PERES-FILHO, O. & DORVAL, A. Efeito de formulações granuladas de diferentes produtos químicos e à base de folhas e sementes de gergelim, *Sesamum indicum*, no controle de formigueiros de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). **Ciência Florestal**, v.13, n.2, pp. 67-70, 2003.
- PERFECTO, I. Indirect and direct effects in a tropical agroecosystem: the maize-pest-ant system in Nicaragua. **Ecology**, v.71, n.6, pp.2125-2134, 1990.
- PESTICIDE ACTION NETWORK , UK (PAN). Fipronil. **Pesticide News**, n.48, p.20, June 2000.
- PIMENTEL, D. & LEHMAN, H. The pesticide question - Environment, economics and ethics. In: EDWARDS, C.A. (ed.) **The impact of pesticides on the environment**. Chapman & Hall, p. 13-46, 1993.
- RAMOS, L.S., MARINHO, C.G.S.; ZANETTI, R., DELABIE, J.H.C. & SCHLINDWEIN, M.N. Impacto de iscas formicidas granuladas sobre a mirmecofauna não-alvo em eucaliptais segundo duas formas de aplicação. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 2, p. 231-237, 2003.
- RAMOS, L.S.; ZANETTI, R.; MARINHO, C.G.S.; DELABIE, J.H.C.; SCHLINDWEIN, M.N. & ALMADO, R-P. Impacto das capinas mecânica e

- química do sub-bosque de *Eucalyptus grandis* sobre a comunidade de formigas (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 139-146, 2004.
- SACKMANN, P.; RABINOVICH, M. & CORLEY, J.C. Successful removal of German yellowjackets (Hymenoptera: Vespidae) by toxic baiting. **Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria**, Comunicaciones Técnicas, 2004.
- SANTANA-REIS, V.P.G. & SANTOS G.M.M. Influência da estrutura do habitat em comunidades de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em Feira de Santana, Bahia, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v. 1, n. 1, p. 66-70, 2001.
- SCHNELLMAN, R.G. & MANNING, R.O. Perfluooctane sulfonamide: a structure novel uncoupler of oxidative phosphorylation. **Biophysica Acta**, v.1060, p.344-348, 1990.
- SILVEIRA-NETO, S.; MARCHINI, L.C. & ALVES, S.B. Pragas das pastagens. *In*: **Curso de Entomologia Aplicada à Agricultura**. Manual de curso à distância. FEALQ, Piracicaba, SP, p.335, 1992.
- SIMAS, V.R.; COSTA, E.C. & SIMAS, C.A. Controle de *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868 (Hymenoptera: Formicidae). **Rev. Fac. Zootec. Vet. Agro. Uruguiana**, v.7/8, n.1, pp.41-46, 2000/01.
- STEVENS, M.M.; JAMES, D.G. & SCHILLER, L.J. Attractiveness of bait matrices and matrix/toxicant combinations to the citrus pests *Iridomyrmex purpureus* (F.Smith) and *Iridomyrmex rufoniger* gp sp. (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Applied Entomology**, v.126, pp.490-496, 2002.
- TOFOLO, V.C. & GIANNOTTI, E. Population dynamics of *Ectatomma brunneum* (Hymenoptera: Formicidae) under laboratory conditions. **Sociobiology**, v.46, n.3, pp.627-636, 2005.
- ULLOA-CHACÓN, P. & JARAMILLO, G.I. Effects of boric-acid, fipronil, hydramethylnon, and diflubenzuron baits on colonies of ghost ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, v.96, n.3, pp.856-862, 2003.
- VASCONCELOS, Y. Em pequenas doses. **Revista Pesquisa FAPESP**, edição 132, Fevereiro 2007.
- WARNER, J. & SCHEFFRAHN, R.H. Laboratory evaluation of baits, residual insecticides, and an ultrasonic device for control of white-footed ants,

- Technomyrmex albipes* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v.45, n.2, pp.1-14, 2005.
- WHITE, G.L. Control of leaf-cutting ants *Acromyrmex octospinosus* (Reich.) and *Atta cephalotes* (L.) (Formicidae: Attini) with a bait of citrus meal and fipronil. **Journal of Pest Management**, v.44, n.2, pp.115-117, 1998.
- ZANETTI, R.; ZANÚNCIO, J.C.; SOUZA-SILVA, A.J.A. & de ABREU, L.G. Eficiência de isca formicida aplicada sobre o monte de terra solta de ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n. 3, p. 407-410, 2003a.
- ZANETTI, R.; ZANÚNCIO, J.C.; MAYÉ-NUNES, A.J.; MEDEIROS, A.G.B. & SOUZA-SILVA, A. Combate sistemático de formigas-cortadeiras com iscas granuladas, em eucaliptais com cultivo mínimo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n. 3, p. 387-392, 2003b.
- ZANETTI, R.; DIAS, N.; REIS, M.; SOUZA-SILVA, A. & MOURA, M.A. Eficiência de iscas granuladas (sulfluramida 0,3%) no controle de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.4, p.878-882, jul/ago, 2004.
- ZANÚNCIO, J.C.; LARANJEIRO, A.J. & DeSOUZA, O. Controle de *Acromyrmex subterraneus molestans* (Hymenoptera: Formicidae) com sulfluramida. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 25, n. 3, p. 383-388, 1996.
- ZANÚNCIO, J.C.; SOSSAI, M.F. & OLIVEIRA, H.N. Influência das iscas formicidas Mirex-S Max e Blitz na paralisação de corte e no controle de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.2, p.237-242, mar/abr, 2002.
- ZANÚNCIO, J.C.; VILELA, E.F. & NOGUEIRA, S.B. Emprego de iscas granuladas e pós-secos no controle de *Atta laevigata*, no município de Curvelo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.4, n.2, p.221-226, jul/dez, 1980.
- ZANÚNCIO, J.C.; ZANÚNCIO, T.V. & PEREIRA, J.M.M. Controle de *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) com a isca Landrin-F, em área anteriormente coberta com *Eucalyptus*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.4, p. 573-576, jul/set, 1999.
- ZANÚNCIO, J.C.; COUTO, L.; SANTOS, G.P. & ZANÚNCIO, T.V. Eficiência da isca granulada Mirex-S, à base de sulfluramid, no controle da formiga cortadeira

Atta laevigata (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.16, n.3, pp.357-361, 1992.

ZANÚNCIO, J.C.; COUTO, L.; ZANÚNCIO, T.V. & FAGUNDES, M. Eficiência da isca granulada Mirex-S (sulfluramida 0,3%) no controle da formiga-cortadeira *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.17, n.1, pp.85-90, 1993.

Capítulo 3

Teste de múltipla escolha com exposição simultânea de operárias de *Ectatomma brunneum* (Hymenoptera, Formicidae, Ectatomminae) à iscas formicidas e dieta convencional em condições de laboratório

RESUMO

Em condições de campo, a espécie de formiga *Ectatomma brunneum* (Hymenoptera: Formicidae) encontra diversas fontes alimentares disponíveis. Embora seja primariamente predadora, também pode ser atraída por inúmeros outros alimentos à base de lipídeos e carboidratos, inclusive iscas formicidas destinadas ao controle de formigas cortadeiras. Desta forma, este trabalho teve por objetivo verificar se a presença de iscas formicidas na arena de forrageamento interferiria na escolha alimentar desta espécie em laboratório, utilizando-se de um teste de múltipla escolha, composto de iscas formicidas de três ingredientes ativos diferentes (sulfluramida, fipronil e clorpirifós) e de alimentação usual à base de proteínas e carboidratos. Com o auxílio de uma câmera filmadora, as observações foram feitas durante um período total de 288 horas, divididos igualmente entre os diferentes tratamentos. Ficou registrado que no laboratório as operárias de *E. brunneum* forragearam tanto durante o dia (8h-18h) quanto à noite (18h-8h), com maior intensidade no período claro, sendo que na maior parte do tempo (94,44%) as operárias permaneceram no interior do ninho. As iscas à base de fipronil foram mais atrativas que as de sulfluramida e clorpirifós. No entanto, mesmo as iscas de fipronil sendo visitadas mais vezes que a fonte de presas (larvas de tenébrio), não houve diferenças estatísticas entre eles, ao contrário do ocorrido nos tratamentos com sulfluramida e clorpirifós, nos quais a presa foi visitada um maior número de vezes.

INTRODUÇÃO

O comportamento de forrageamento de muitos animais pode envolver estratégias complexas que ajudam a localizar recursos no ambiente. Em formigas, trata-

se de um processo coletivo composto tanto de atividades individuais como de um grupo integrado (TRANIELLO, 1989). O sucesso do forrageamento está sujeito a vários fatores limitantes, como predação, umidade relativa do ar, horário do dia e até mesmo estação do ano. No entanto, o fator limitante mais importante provavelmente seja a temperatura (BARBANI, 2003). Tanto as temperaturas muito baixas quanto as muito altas podem ser responsáveis pela diminuição do pico de atividade forrageadora das operárias. Como consequência, cada espécie de formiga apresenta um horário particular de forrageamento, que varia tanto durante o dia como à noite (KLOTZ, 1984).

Qualquer que seja o substrato alimentar ou o alimento, a procura e a coleta obedecem a uma seqüência comportamental característica da espécie, na qual intervêm, basicamente, quatro tipos de órgãos (olhos, antenas, peças bucais e tarsos anteriores). A antena, sem dúvida, é o mais complexo, importante e estudado dos órgãos responsáveis pela identificação do alimento pelas formigas. É capaz de detectar informações de natureza tátil, vibratória, térmica, e a totalidade de informações olfativas, assim como boa parte das informações gustativas. Participa ativamente de qualquer comportamento ligado à procura ou à identificação do alimento (FOWLER *et al.*, 1991).

Além da natureza física do alimento, outros fatores são importantes na escolha alimentar, como por exemplo, a forma, o som produzido e a mobilidade de uma presa potencial, assim como a cor, a resistência ao corte, a palatabilidade, o odor, etc. Em alguns casos, odores específicos facilitam a localização e a identificação da fonte alimentar, como o feromônio de trilha (FOWLER *et al.*, 1991). Além disso, certas espécies marcam com feromônio pedaços de alimentos grandes demais para serem transportados por uma única operária (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990).

De acordo com a teoria do forrageamento ótimo, o alimento capturado pelas formigas predadoras é escolhido principalmente pelo valor energético. Dessa forma, uma operária tem de decidir em campo entre recolher um item encontrado ou seguir procurando por outro de maior valor energético, maximizando a entrada de energia por intervalo de tempo mediante a atividade das forrageiras. Além de escolher o melhor item alimentar quando encontrado, as formigas devem ampliar sua dieta em ordem decrescente de lucro por intervalo de tempo (FOWLER *et al.*, 1991).

Ectatomma brunneum (F. Smith, 1858), pertencente à subfamília Ectatomminae, é primariamente predadora e apresenta o 4º segmento abdominal (ou 2º do gáster)

tubulado, isto é, as porções dorsal e ventral desse segmento firmemente anquilosadas. Como consequência, estas formigas têm maior controle da musculatura associada ao aparelho do ferrão, enquanto que a expansão do ventrículo (responsável pela reserva de alimentos) é bastante limitada (FOWLER *et al.*, 1991). Dessa forma, é caracterizada por ser primariamente predadora de artrópodos terrestres em geral, vivos ou recém-mortos, havendo uma preferência por cupins e outras espécies de formigas (WILSON, 1971; MILL, 1982; MARQUES *et al.*, 1995). O alimento é coletado sempre no solo, raramente na vegetação, embora DEL-CLARO *et al.* (1992) observaram que esta espécie pode também coletar em nectários extraflorais. Trata-se de um predador generalista, não demonstrando nenhuma preferência por qualquer tipo de alimento. Muitas das presas são coletadas vivas, como térmitas, larvas de várias ordens de insetos e minhocas, além de carcaças de insetos mortos (OVERAL, 1986; GIANNOTTI & MACHADO, 1992). Coletam isoladamente, sem empregar métodos elaborados de recrutamento de outras operárias, como nas subfamílias mais derivadas (FOWLER *et al.*, 1991).

Seus ninhos podem ser encontrados tanto em áreas naturais como em agroecossistemas (KEMPF, 1961; OVERAL, 1986; SANTANA-REIS & SANTOS, 2001), o que lhes permite cohabitar diversos tipos de culturas e principalmente pastagens juntamente com diversas espécies de insetos consideradas pragas na agricultura. Por se tratar de uma espécie de hábito alimentar generalista, até mesmo as iscas inseticidas utilizadas no controle de diversas formigas cortadeiras tornam-se atrativas e, dependendo do ingrediente ativo utilizado, o efeito pode ser retardado e inclusive cumulativo (RAMOS *et al.*, 2003). A diminuição de indivíduos de *E. brunneum* já foi observada até mesmo após a utilização de herbicida em uma área de eucalipto, evidenciando o impacto negativo indireto da alteração do *habitat* sobre esta espécie considerada como não-alvo (RAMOS *et al.*, 2004). Diversos estudos ainda são necessários, de modo a se verificar quais os efeitos das iscas tóxicas sobre esta espécie de formiga.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi verificar a interferência de iscas formicidas na escolha alimentar de operárias de *E. brunneum* em condições de laboratório, assim como determinar a frequência de visitação e o tempo gasto em cada uma das fontes alimentares. Foi elaborado um teste de oferecimento simultâneo de iscas formicidas e de alimentação usual à base de proteínas e carboidratos.

MATERIAL E MÉTODOS

Insetos

Os ninhos foram localizados em áreas de vegetação aberta através do acompanhamento de um indivíduo forrageador até o orifício de entrada (Figura 1). Foram coletadas 3 colônias de *E. brunneum* em áreas de vegetação aberta no Campus da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” em Rio Claro/SP, para servirem de matrizes na obtenção de operárias.

Posteriormente, estas colônias foram transferidas para o laboratório do Biotério da mesma Instituição e abrigadas em ninhos artificiais de gesso formados por 3 câmaras de tamanhos crescentes: uma primeira câmara menor (4cm de diâmetro), a segunda de tamanho intermediário (6cm de diâmetro) e a terceira maior (8cm de diâmetro), interligadas por túneis de 1 cm de largura, conforme proposto por Antonialli-Jr & Giannotti (2002) (Figura 2a).

Sobre os ninhos artificiais, foi colocada uma cobertura de vidro para proteção da colônia e, sobre ela, uma folha de papel celofane vermelho, para impedir a entrada de luz e permitir a observação do seu interior. Os ninhos foram então abrigados em uma caixa de vidro de 60cm de comprimento x 40cm de largura x 15cm de altura, coberta com uma tampa de vidro transparente para diminuir possíveis perturbações do ambiente. A caixa de vidro permaneceu sobre potes de vidro, que foram colocados dentro de placas de petri com água e detergente, evitando o ataque de possíveis predadores, principalmente outras espécies de formigas. Dentro da caixa de vidro, ao lado do ninho, foram oferecidas diariamente larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), água e solução saturada de sacarose à temperatura ambiente ($23^{\circ}\text{C}\pm 1,8$) em tubos de ensaio de 10cm de comprimento vedados com algodão (Figura 2b).



Figura 1 – Operária de *Ectatomma brunneum* próxima ao orifício de entrada de seu ninho no campo.

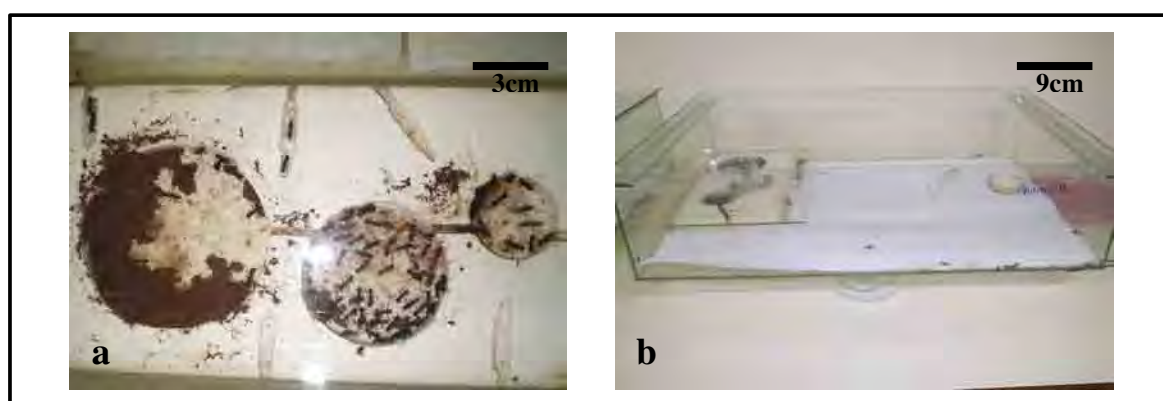


Figura 2 – Ninhos de *Ectatomma brunneum* em laboratório: (a) ninho artificial de gesso com três câmaras crescentes, com a entrada localizada na câmara menor; (b) caixa de vidro para acomodação do ninho de gesso e arena de forrageamento.

A temperatura do laboratório permaneceu em $23^{\circ}\text{C}\pm 1,8$ com o uso de aparelho de ar condicionado, e os ninhos permaneceram sob regime artificial de luz fria das 8:00h às 18:00h. A umidade relativa do ar foi mantida em $70\%\pm 12,4$ com o auxílio de recipientes com água distribuídos pelo laboratório.

Método experimental

Cada tratamento foi composto por 30 operárias de *E. brunneum* cada um, sorteadas entre três colônias matrizes e acondicionados em ninhos artificiais de gesso

como descrito anteriormente. Na área de forrageamento foram oferecidas, simultaneamente, quatro fontes alimentares: água e solução saturada de sacarose (25°C) em tubos de ensaio de 10cm de comprimento vedados com algodão, 10g de larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) cortados em pedaços de ± 5 mm e 10g de iscas granuladas umedecidas até o ponto de encharcamento em placas de petri de 4cm de diâmetro. Os tratamentos foram estabelecidos combinando cada ingrediente ativo com as larvas de tenébrio, perfazendo 3 tratamentos, a saber:

- *Tratamento 1*: larvas de tenébrio e iscas à base de sulfluramida (Mirex-S Max NA, isca granulada, 0,3%, Atta Kill Indústria e Comércio);
- *Tratamento 2*: larvas de tenébrio e iscas à base de fipronil (Blitz-NA, isca granulada, 0,003%, Basf S.A.);
- *Tratamento 3*: larvas de tenébrio e iscas à base de clorpirifós (Isca Formicida Landrin, isca granulada, 0,45%, Ladrin Indústria e Comércio de Inseticidas).

Em estudos prévios, foram verificadas a atratividade e ingestão das iscas pelas formigas somente depois de seu umedecimento nas seguintes quantidades: Mirex S Max NA: 20mL, Blitz NA: 12mL e Landrin: 10mL, para cada 10g de iscas. As formigas foram deixadas sem alimentação por 24 horas antes do início do experimento.

Com o auxílio de uma câmera filmadora, o comportamento das operárias foi observado a partir do momento em que saíram até o retorno para o interior do ninho, sendo determinados as frequências e o tempo gasto na visitação em cada tipo de alimento. Cada tratamento, repetido 3 vezes, foi monitorado 24 horas, totalizando 288 horas de observação. Para determinar as diferenças entre os diferentes tratamentos, foi feita uma Análise de Variância *one-way* (ANOVA), e as médias foram separadas pelo teste-t de *Student*, empregando-se o *software BioStat* versão 4.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Três situações puderam ser observadas na arena de forrageamento nos três tratamentos:

1. operária forrageadora permaneceu na arena sem visitar nenhuma das fontes alimentares: provavelmente essa atividade esteja mais relacionada com inspeção e defesa de território do que com a procura por alimento, uma vez que a arena de

fornagem não era grande o suficiente a ponto de dificultar a localização das fontes alimentares. Pode-se observar (Tabela 1) que o Tratamento 1 apresentou o maior número de operárias realizando este comportamento, seguido do Tratamento 3 e Tratamento 2, embora não tenha havido diferenças significativas entre o tempo médio que as operárias gastaram desde que saíram até voltarem para o ninho. O mesmo padrão pôde ser observado nos períodos referentes a claro (das 8h-18h) e escuro (das 18h-8h). As operárias foram observadas na arena de forrageamento por 266 vezes (13,99%) realizando este comportamento, com um tempo total gasto de aproximadamente 1 hora e 12 minutos.

Tabela 1 – Número total de operárias de *Ectatomma brunneum* que permaneceu na arena de forrageamento sem visitar nenhuma das fontes alimentares. (N) = número total de vezes que as operárias foram vistas na arena de forrageamento; T_m = tempo médio gasto em cada uma das visitas em minutos (N/Tempo total) \pm Desvio Padrão (DP); P = a probabilidade de semelhança entre os tratamentos.

		<i>Tratamento 1</i>	<i>Tratamento 2</i>	<i>Tratamento 3</i>
8h-18h (claro)	N	58	38	39
	$T_m \pm DP$	7,15 \pm 3,26	7,85 \pm 4,15	5,98 \pm 2,77
18h-8h (escuro)	N	54	33	44
	$T_m \pm DP$	7,62 \pm 3,41	8,46 \pm 4,06	6,70 \pm 2,81
	P (entre períodos)	> 0,05 ns*	> 0,05 ns*	> 0,05 ns*
24h (total)	N	112	71	83
	$T_m \pm DP$	7,48 \pm 3,22	8,34 \pm 4,04	6,65 \pm 2,85
	P (entre tratamentos)	> 0,05 a**	> 0,05 a**	> 0,05 a**

* ns: diferença não significativa

** letras iguais determinam a semelhança entre os tratamentos

2. operária forrageadora visitou mais de uma fonte alimentar, sem coletar nenhum material: as operárias foram vistas na arena de forrageamento 437 vezes (22,99%) entrando em contato com as fontes alimentares e inspecionando com as antenas sem tocar com nenhuma das peças bucais, seguindo para outras partes da arena e retornando ao ninho sem nenhum material coletado. O tempo total gasto por estas operárias foi de 48,75 minutos, menor que no comportamento anterior, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos e entre os períodos claro e escuro (Tabela 2). O

Tratamento 1 foi o que apresentou o maior número de operárias realizando este comportamento, seguido do Tratamento 3 e Tratamento 2. Possivelmente este comportamento também esteja relacionado com inspeção e defesa de território.

Tabela 2 – Número total de operárias de *Ectatomma brunneum* que permaneceu na arena de forrageamento sem coletar nenhum material. (N) = número total de vezes que as operárias foram vistas na arena de forrageamento; T_m = tempo médio gasto em cada uma das visitas em segundos (N/Tempo total) \pm Desvio Padrão (DP); P = a probabilidade de semelhança entre os tratamentos.

		<i>Tratamento 1</i>	<i>Tratamento 2</i>	<i>Tratamento 3</i>
8h-18h (claro)	N	84	62	39
	$T_m \pm DP$	5,68 \pm 2,17	6,37 \pm 3,02	4,61 \pm 2,27
18h-8h (escuro)	N	102	53	44
	$T_m \pm DP$	6,49 \pm 1,83	5,71 \pm 3,58	5,06 \pm 2,38
	P (entre períodos)	> 0,05 ns*	> 0,05 ns*	> 0,05 ns*
24h (total)	N	186	115	136
	$T_m \pm DP$	5,41 \pm 1,91	5,96 \pm 2,46	4,88 \pm 2,65
	P (entre tratamentos)	> 0,05 a**	> 0,05 a**	> 0,05 a**

* ns: diferença não significativa

** letras iguais determinam a semelhança entre os tratamentos

3. operária forrageadora visitou uma das fontes alimentares e coletou material: este foi o maior número de vezes que as operárias foram vistas na arena de forrageamento coletando alimento e voltando diretamente para o ninho (1198 ou 63,02%). Entre os tratamentos, não houve grandes variações no número de operárias que saíram do ninho e apresentaram este comportamento: Tratamento 1 = 444 operárias, Tratamento 2 = 454 operárias e Tratamento 3 = 365 operárias. A diferença entre a frequência de visitação por período e o tempo gasto em cada uma das fontes alimentares variou de acordo com o tratamento.

Tratamento 1 – larvas de tenébrio e iscas à base de sulfluramida

Neste tratamento, o tempo total gasto pelas operárias foi de aproximadamente 5 horas e 13 minutos, o que corresponde a apenas 7,24% do total das 72 horas de observação. No restante do tempo, as operárias permanecem no interior do ninho, principalmente inativas, ou então realizando alguma outra atividade como limpeza ou

manutenção da colônia. As operárias permaneceram ativas tanto no período claro quanto escuro, com maior frequência no período diurno (Tabela 3). Neste período, que corresponde das 8h-18h, aproximadamente 3 horas e 29 minutos foram gastos neste comportamento, enquanto que das 18h-8h foi gasta aproximadamente 1 hora e 44 minutos.

Das fontes alimentares disponíveis na arena de forrageamento, a de tenébrio foi a mais visitada, seguida da isca formicida, solução saturada de sacarose e água, o que conferiu diferenças estatísticas entre eles. Estes resultados são preocupantes no sentido de que, mesmo na presença de outros alimentos, as operárias de *E. brunneum* não deixam de coletar as iscas formicidas à base de sulfluramida. Embora as larvas de tenébrio tenham sido visitadas mais que o dobro de vezes que as iscas, existe o risco de contaminação.

Tabela 3 – Distribuição das visitas de operárias de *E. brunneum* às quatro fontes alimentares disponíveis na arena de forrageamento, de acordo com os períodos claro (8h-18h) e escuro (18h-8h). Frequência = número total de visitas (N); T_m = tempo médio gasto em cada uma das visitas em segundos (N/Tt) \pm Desvio Padrão (DP); P = a probabilidade de semelhança entre os tratamentos.

		<i>Água</i>	<i>Solução sacarose</i>	<i>Isca inseticida (sulfluramida)</i>	<i>Tenébrio</i>
8h-18h (claro)	Frequência	15	24	84	177
	$T_m \pm DP$	113,8 \pm 72,89	87,75 \pm 57,70	26,81 \pm 18,98	36,49 \pm 30,68
18h-8h (escuro)	Frequência	6	45	24	69
	$T_m \pm DP$	133,17 \pm 69,73	59,71 \pm 56,15	26,58 \pm 9,03	31,01 \pm 20,32
	P (entre períodos)	> 0,05 ns*	> 0,05 ns*	> 0,05 ns*	> 0,05 ns*
24h (total)	Frequência	21	69	108	246
	$T_m \pm DP$	119,33 \pm 70,82	69,46 \pm 57,86	26,76 \pm 17,24	34,96 \pm 28,23
	P (entre tratamentos)	< 0,05 a**	< 0,05 b**	< 0,05 c**	< 0,05 d**

* ns: diferença não significativa

** letras diferentes determinam diferenças entre os tratamentos

Tratamento 2 – larvas de tenébrio e iscas à base de fipronil (Blitz-NA)

O tempo total gasto pelas operárias neste tratamento foi bastante semelhante ao anterior: aproximadamente 5 horas e 22 minutos, o que corresponde a apenas 7,46% do

total das 72 horas de observação, permanecendo no interior do ninho no tempo restante. As operárias estiveram mais ativas no período claro (\cong 3 horas e 47 minutos) que escuro (\cong 1 hora e 35 minutos), não havendo diferenças estatísticas entre o tempo médio de visitação das fontes alimentares e os períodos (Tabela 4). Diferentemente do tratamento com sulfluramida, a fonte alimentar mais visitada foi a de solução saturada de sacarose, seguida da isca formicida à base de fipronil, tenébrio e água. Embora as iscas tenham sido mais atrativas que o tenébrio, estatisticamente não houve diferenças. Isso demonstra também que as operárias de *E. brunneum* podem coletar as iscas mesmo quando há alimento disponível, havendo riscos de contaminação.

Tabela 4 – Distribuição das visitas de operárias de *E. brunneum* às quatro fontes alimentares disponíveis na arena de forrageamento, de acordo com os períodos claro (8h-18h) e escuro (18h-8h). Freqüência = número total de visitas (N); T_m = tempo médio gasto em cada uma das visitas em segundos (N/Tt) \pm Desvio Padrão (DP); P = a probabilidade de semelhança entre os tratamentos.

		<i>Água</i>	<i>Solução sacarose</i>	<i>Isca inseticida (fipronil)</i>	<i>Tenébrio</i>
8h-18h (claro)	Freqüência	8	122	102	84
	$T_m \pm DP$	124,63 \pm 98,47	57,36 \pm 78,20	28,41 \pm 20,47	32,93 \pm 32,30
18h-8h (escuro)	Freqüência	3	63	39	33
	$T_m \pm DP$	181,33 \pm 117,33	48,13 \pm 35,07	27,15 \pm 17,02	32,36 \pm 25,52
	P (entre períodos)	> 0,05 ns*	> 0,05 ns*	> 0,05 ns*	> 0,05 ns*
24h (total)	Freqüência	11	185	141	117
	$T_m \pm DP$	140,09 \pm 101,20	54,22 \pm 66,74	28,06 \pm 19,53	32,77 \pm 30,44
	P (entre tratamentos)	< 0,05 a***	< 0,05 b***	> 0,05 c**	> 0,05 c**

* ns: diferença não significativa

** letras iguais determinam a semelhança entre os tratamentos

*** letras diferentes determinam a diferença entre os tratamentos

Tratamento 3 – larvas de tenébrio e iscas à base de clorpirifós (Landrin)

Neste tratamento, foi observado o menor tempo total gasto pelas operárias (aproximadamente 3 horas e 29 minutos), o que corresponde a apenas 4,85% do total das 72 horas de observação. No restante do tempo, as operárias permanecem no interior do ninho, principalmente inativas, ou então realizando alguma outra atividade como limpeza ou manutenção da colônia. Na Tabela 5 observa-se que as operárias

permaneceram ativas tanto no período claro quanto escuro, com maior frequência no período diurno. Neste período, que corresponde das 8h-18h, foram gastos aproximadamente 2 horas e 14 minutos neste comportamento, enquanto que das 18h-8h foi gasta aproximadamente 1 hora e 15 minutos.

Das fontes alimentares disponíveis na arena de forrageamento, a de tenébrio foi a mais visitada, seguida da solução saturada de sacarose, isca formicida e água, havendo grandes diferenças nas frequências de visitação das fontes alimentares entre os períodos claro e escuro. No período da noite (18h-8h) não houve coleta de água, porém houve maior coleta de solução saturada de sacarose. De dia (8h-18h), as iscas inseticidas foram visitadas mais de cinco vezes que à noite, enquanto que o tenébrio, quase que o dobro. No entanto, não houve diferenças estatísticas entre o tempo médio gasto pelas operárias nas fontes de água e solução saturada de sacarose, diferentemente do que ocorreu com as fontes de isca formicida e tenébrio. Assim, mesmo que as iscas inseticidas à base de clorpirifós tenham se mostrado menos atrativas que a presa (tenébrio), há sérios riscos de contaminação, de modo que no capítulo anterior foi observado que este ingrediente ativo foi o que conferiu maior mortalidade às operárias de *E. brunneum*.

Tabela 5 – Distribuição das visitas de operárias de *E. brunneum* às quatro fontes alimentares disponíveis na arena de forrageamento, de acordo com os períodos claro (8h-18h) e escuro (18h-8h). Frequência = número total de visitas (N); T_m = tempo médio gasto em cada uma das visitas em segundos (N/Tt) \pm Desvio Padrão (DP); P = a probabilidade de semelhança entre os tratamentos.

		Água	Solução sacarose	Isca inseticida (clorpirifós)	Tenébrio
8h-18h (claro)	Frequência	18	30	72	114
	$T_m \pm DP$	51,39 \pm 38,25	32,40 \pm 20,56	20,92 \pm 12,49	40,98 \pm 27,91
18h-8h (escuro)	Frequência	0	58	13	60
	$T_m \pm DP$	0	45,31 \pm 25,82	18,77 \pm 7,87	27,17 \pm 18,18
	P (entre períodos)	< 0,05	< 0,05	> 0,05 ns*	< 0,05
24h (total)	Frequência	18	88	85	174
	$T_m \pm DP$	51,39 \pm 38,25	42,32 \pm 24,86	20,77 \pm 11,72	35,40 \pm 25,52
	P (entre tratamentos)	> 0,05 a**	> 0,05 a**	< 0,05 b***	< 0,05 c***

* ns: diferença não significativa

** letras iguais determinam a semelhança entre os tratamentos

*** letras diferentes determinam a diferença entre os tratamentos

Analisando de forma geral os três tratamentos, pode-se concluir que, das 288 horas de observação, apenas 14 horas e 4 minutos ($\cong 4,88\%$) foram destinados à coleta de alimento e 1 hora e 56 minutos à inspeção da arena de forrageamento, totalizando 16 horas gastas em atividades fora do ninho. No tempo restante (272 horas ou 94,44%), as operárias permaneceram no interior do ninho, realizando tarefas como limpeza dos indivíduos, manutenção do ninho, e inatividade (HÖLLDOBLER & WILSON 1990). De acordo com Antonialli-Jr & Giannotti (2002), as operárias de *E. edentatum* permaneceram inativas 37,23% do tempo no interior do ninho, imóveis, se limpando, ou simplesmente andando ao redor do ninho, sem qualquer objetivo aparente. Em colônias de *E. permagnum* Paiva & Brandão (1989) observaram que as operárias passam apenas 6,3% do tempo inativas, tanto na arena de forrageamento quanto no interior do ninho, semelhante ao encontrado por Miguel & Del-Claro (2005) em colônias de *E. opaciventre* (5,6%). Essa grande diferença entre indivíduos do mesmo gênero provavelmente seja devido ao tamanho e composição das colônias. Uma vez que nestas colônias experimentais de *E. brunneum* havia a presença apenas de adultos, a quantidade de tarefas a serem realizadas e a demanda por alimento foi menor do que nas colônias de *E. edentatum*, *E. permagnum* e *E. opaciventre*, que possuíam um número maior de operárias e a presença de imaturos. Este comportamento de imobilidade de grande parte da colônia provavelmente ocorra para a contenção de gastos energéticos (SANTOS, 2002), embora na maioria dos repertórios comportamentais, seja ignorado e caracterizado como ausência de comportamento. Entretanto, os indivíduos poderiam estar realizando algum tipo de comportamento imperceptível aos olhos do observador, mesmo quando imóveis, aparentemente em repouso ou latência (DEL-CLARO *et al.*, 2002).

O horário de maior atividade das operárias de *E. brunneum* correspondeu ao período das 8 às 18 horas, diminuindo no período das 18h-8h, assim como em *E. permagnum* (PAIVA & BRANDÃO, 1989). No campo, *E. brunneum* também forrageou intensamente tanto no período diurno quanto noturno, com redução das atividades entre 12 e 15 horas (período mais quente), independente do tamanho da colônia (OVERAL, 1986). Em laboratório, a temperatura e umidade relativa do ar não apresentaram grandes variações durante o ciclo diário de 24 horas (ver material e métodos). Dessa forma, a limitação do forrageamento parece ter sido a luminosidade. A partir do momento em

que as luzes foram ligadas, as operárias começaram a sair do ninho para forragear com maior frequência e em maior número, e assim que foram desligadas, diminuíram as atividades. A atividade forrageadora de duas espécies também primariamente predadoras, *Pachycondyla obscuricornis* e *Paraponera clavata* (Formicidae: Ponerinae), foi limitada pela incidência dos raios solares, com intensa atividade da primeira espécie durante todo o período diurno, exceto nos horários mais quentes (11-14h) (CHAGAS & VASCONCELOS, 2002), e crepuscular e noturno da segunda (McCLUSKEY & BROWN, 1972; HERMAN, 1975). Isto demonstra que o pico de forrageamento varia de espécie para espécie, de acordo com seus hábitos alimentares, o ambiente em que vivem e variações sazonais, que podem interferir tanto na disponibilidade de alimentos, quanto nas fases de desenvolvimento da colônia.

A aplicação das iscas formicidas no campo para o controle de formigas cortadeiras é feita durante o dia, geralmente no período em que não há forrageamento, ou há em menor intensidade, devido às elevadas temperaturas (AMANTE, 1972; SCHLINDWEIN, 1996). Portanto, levando-se em consideração que o período diurno (8h-18h) corresponde ao período em que as operárias de *E. brunneum* estão mais ativas, e que as iscas podem permanecer o dia todo no campo até serem recolhidas pelas cortadeiras, há sérios riscos de contaminação e mortalidade da população, uma vez que as três marcas de iscas testadas neste trabalho se mostraram atrativas.

A proporção de cada tipo de alimento coletado, tanto em laboratório quanto no campo, pode ser alterado devido a inúmeros fatores (principalmente as necessidades nutricionais dos adultos e imaturos) (FOWLER *et al.*, 1991), embora tenha ficado comprovado que alguns produtos destinados ao controle de “espécies-alvo” podem ser tão ou mais atrativos do que o alimento convencional à base de presas vivas ou recém-mortas. Este é um fator preocupante dada a grande quantidade de iscas tóxicas utilizadas no controle de espécies de formigas causadoras de danos na agricultura, que, infelizmente, permanecem disponíveis para as demais espécies cohabitantes dos agroecossistemas, cujos efeitos ainda não são bem estudados. Desta forma, mais estudos são necessários a fim de se avaliar quais são os efeitos causados por esta exposição às inúmeras espécies não-alvo, assim como se testar a real seletividade e atratividade dos produtos disponíveis no mercado.

CONCLUSÕES

Concluiu-se que no laboratório as operárias de *E. brunneum* forragearam tanto durante o dia (8h-18h) quanto à noite (18h-8h), com maior frequência no período claro. Apenas uma pequena parte do tempo ($\cong 4,88\%$) foi destinada à coleta de alimento na arena de forrageamento. Provavelmente, se nas colônias estudadas houvesse a presença de imaturos, esse tempo seria maior, uma vez que a demanda por alimento aumentaria consideravelmente. No restante do tempo, uma pequena parte foi destinada à inspeção da arena ($\cong 0,57\%$), e no restante ($94,44\%$), as operárias permaneceram no interior do ninho, realizando tarefas como limpeza dos indivíduos, manutenção do ninho, e inatividade.

Com poucas exceções, não houve diferenças estatísticas que comprovassem a diferença na frequência de visitação das fontes alimentares durante o período claro e escuro. Levando-se em consideração a frequência de visitação às fontes de iscas formicidas, pode-se concluir que as iscas à base de fipronil foram mais atrativas que as de sulfluramida e clorpirifós. No entanto, mesmo as iscas de fipronil sendo visitadas mais vezes que a fonte de tenébrio, não houve diferenças estatísticas entre elas, ao contrário do ocorrido nos tratamentos com sulfluramida e clorpirifós, nos quais a presa (larvas de tenébrio) foi visitada um maior número de vezes.

Assim, independentemente do grau de atratividade das iscas utilizadas, pode-se comprovar que, mesmo na presença de outras fontes alimentares, à base de proteínas, carboidratos ou água, as operárias de *E. brunneum* não deixaram de coletar as iscas formicidas, o que pode acarretar em riscos de contaminação no campo, comprometendo a população desta espécie de formiga não-alvo. Este trabalho demonstrou que as marcas comerciais de iscas formicidas utilizadas neste trabalho, que deveriam ser seletivas apenas para as formigas cortadeiras, foram atrativas também para esta espécie de formiga não-alvo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMANTE, E. **Influência de alguns fatores microclimáticos sobre a formiga saúva *A. laevigata* (F. Smith, 1858), *A. sexdens rubropilosa* Forel, 1908, *A. bisphaerica* Forel, 1908 e *A. capiguara* Gonçalves, 1944 (Hymenoptera: Formicidae) em formigueiros localizados no Estado de São Paulo.** (Tese de Doutorado em Agronomia). Piracicaba: ESALQ, 175 p., 1972.
- ANTONIALLI-JR, W. & GIANNOTTI, E. Division of labor in *Ectatomma edentatum* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v.39, n.1, pp.37-63, 2002.
- BARBANI, L.E. **Foraging activities and food preferences of the odorous house ant (*Tapinoma sessile* Say) (Hymenoptera: Formicidae).** Thesis – Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, 76p., 2003.
- CHAGAS, A.C.S. & VASCONCELOS, V.O. Comparação da frequência de atividade forrageira da formiga *Pachycondyla obscuricornis* (Emery, 1890) (Hymenoptera: Formicidae) no verão e no inverno, em condições de campo. **Revista Brasileira de Zoociências**, v.4, n.1, pp.97-109, 2002.
- DEL-CLARO, K.; PIZO, M.A. & OLIVEIRA, P.S. Competição e hierarquia de dominância entre espécies de formigas utilizando os nectários extraflorais de *Urena aff. lobata* L.(Malvaceae). **X Encontro Anual de Etologia, Jaboticabal**. Resumos do X Encontro Anual de Etologia, v.10, p.185, 1992.
- DEL-CLARO, K.; SANTOS, J.C. & DURÃES, A.S.J. Etograma da formiga arborícola *Cephalotes pusillus* (Klug, 1824) (Formicidae: Myrmicinae). **Revista de Etologia**, v.4, n.1, pp.31-40, 2002.
- FOWLER, H.G.; FORTI, L.C.; BRANDÃO, C.R.F.; DELABIE, J.H.C. & VASCONCELO, H.L. Ecologia nutricional de formigas. In. A. R. PANIZZI e J. R. P. PARRA. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. Manole Editora LTDA. São Paulo, SP. pp.131-223, 1991.
- GIANNOTTI, E. & MACHADO, V.L.L. Notes on the foraging of two species of Ponerinae ants: food resources and daily hunting activities (Hymenoptera; Formicidae). **Bioikos**, v. 6, n. 1/2, p. 7-17, 1992.
- HERMANN, H.R. Crepuscular and nocturnal activities of *Paraponera clavata* (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae). **Ent. News**, v.86, n.5-6, pp. 94-98, 1975.

- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, O. **The Ants**. London: Springer, 732 p., 1990.
- KEMPF, W.W. A survey of the ants of the soil fauna in Surinam (Hymenoptera: Formicidae). **Studia Entomologica**, v. 4, pp. 481-524, 1961.
- KLOTZ, J.H. Diel differences in foraging in two ant species (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of the Kansas Entomological Society**, v.57, n.1, pp.11-118, 1984.
- MARQUES, O.M.; VIANA, C.H.P.; KAMOSHIDA, M.; CARVALHO, C.A.L. & SANTOS, G.M.M. Hábitos de nidificação e alimentares de *Ectatomma quadridens* (Fabricius, 1793) (Hymenoptera, Formicidae) em Cruz das Almas – BA. **Insecta**, v. 4, n. 1, pp.1-9, 1995.
- McCLUSKEY, E.S. & BROWN, W.L. Rhythms and other biology of the giant tropical ant *Paraponera*. **Psyche**, v.79, pp.335-347, 1972.
- MIGUEL, T.B. & DEL-CLARO, K. Polietismo etário e repertório comportamental de *Ectatomma opaciventre* Roger, 1861 (Formicidae: Ponerinae). **Revista Brasileira de Zoociências**, v.7, n.2, pp.297-310, 2005.
- MILL, A.E. Faunal studies on termites (Isoptera) and observations on their ant predator (Hymenoptera, Formicidae) in the Amazon Basin. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 26, n. 3/4, p. 253-260, 1982.
- OVERAL, W.L. Recrutamento e divisão de trabalho em colônias naturais da formiga *Ectatomma quadridens* (Fabr.) (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae). **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi Zoologia**, v. 2, n. 2, p. 113-135, 1986.
- PAIVA, R.V.S. & BRANDÃO, C.R.F. Estudos sobre a organização social de *Ectatomma permagnum* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v.49, pp.783-792, 1989.
- RAMOS, L.S., MARINHO, C.G.S.; ZANETTI, R., DELABIE, J.H.C. & SCHLINDWEIN, M.N. Impacto de iscas formicidas granuladas sobre a mirmecofauna não-alvo em eucaliptais segundo duas formas de aplicação. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 2, p. 231-237, 2003.
- RAMOS, L.S.; ZANETTI, R.; MARINHO, C.G.S.; DELABIE, J.H.C.; SCHLINDWEIN, M.N. & ALMADO, R-P. Impacto das capinas mecânica e química do sub-bosque de *Eucalyptus grandis* sobre a comunidade de formigas (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 139-146, 2004.

- SANTANA-REIS, V.P.G. & SANTOS, G.M.M. Influência da estrutura do habitat em comunidades de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em Feira de Santana, Bahia, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v. 1, n. 1, p. 66-70, 2001.
- SANTOS, J.C. **Ecologia e comportamento de formigas tecelãs (*Camponotus*) do Cerrado brasileiro**. (Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG, 67p., 2002.
- SCHLINDWEIN, M.N. **Avaliação das estratégias de forrageamento de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) com o uso de manipulação espaço-temporal de recursos vegetais**. (Tese de Doutorado em Ciências Biológicas). Rio Claro, SP, UNESP, 100p., 1996.
- TRANIELLO, J. Foraging strategies of ants. **Annual Review of Entomology**, v.34, pp.191-210, 1989.
- WILSON, E.O. **The insect societies**. The Belknap Press of Harvard University, Ca

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intensificação de práticas agrícolas vem modificando cada vez mais os ambientes, alterando o padrão das comunidades de espécies preexistentes e favorecendo o aumento de pragas (WEBER 1982, FARJI-BRENER & RUGGIERO 1994, VASCONCELOS & CHERRETT 1995, FARJI-BRENER 1996, DIEHL-FLEIG 1997). Conseqüentemente, a fonte de alimento destas espécies acaba sendo o próprio recurso fornecido pelo homem, o que leva a perdas econômicas expressivas.

O controle incessante de pragas faz com que toneladas de produtos químicos sejam lançadas anualmente na natureza. Somente no Brasil, as iscas tóxicas destinadas ao controle de formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* representam um mercado de 13 a 16 mil toneladas por ano (DELABIE *et al.*, 2000). No entanto, muitas podem ser tóxicas para inimigos naturais, que freqüentemente são mais suscetíveis a agrotóxicos do que suas presas, e há poucos produtos seletivos o suficiente para matar uma praga em particular sem afetar seus predadores, o que pode acarretar na diminuição da biodiversidade de ecossistemas agrícolas (PIMENTEL & LEHMAN, 1993).

No presente trabalho, os resultados revelaram que operárias de *Ectatomma brunneum* não foram atraídas pelas iscas formicidas testadas nas condições em que são oferecidas às formigas-cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* em campo, pois não houve ingestão ou transporte, independentemente do tamanho dos *pellets*. Isto faz com que os riscos de contaminação no campo sejam diminuídos.

Ao simular em laboratório uma condição de elevada umidade do substrato, foi observado que as iscas absorveram água muito rapidamente, tornando-as atrativas e possibilitando a ingestão. Como conseqüência, ocorreram mortalidades significativas nas populações estudadas, que mesmo na presença de outras fontes alimentares, à base de proteínas, carboidratos e água, não deixaram de coletar as iscas formicidas. Portanto, na ocorrência de eventos que aumentem a umidade do solo no campo, como chuvas, as iscas formicidas deixam de ser atrativas para as cortadeiras e acabam atraindo outras espécies, como *E. brunneum*, havendo contaminação.

Embora a manutenção dos indivíduos de *E. brunneum* em laboratório seja relativamente fácil, a elevada longevidade média dos indivíduos (TOFOLO & GIANNOTTI, 2005) e a dificuldade de se encontrar ninhos em que a rainha esteja presente (ninhos polidômicos), fazem com que a obtenção de estágios imaturos na

colônia seja irregular, e com que o período de observação não pudesse ser estendido por muito mais tempo. Por estes motivos, neste trabalho ocorreu a utilização apenas de indivíduos adultos. No campo, a presença de todos os estágios de desenvolvimento pode fazer com que haja uma contaminação mais rápida e significativa, uma vez que grande parte do alimento coletado à base de proteínas é destinado à alimentação das larvas e da rainha (FOWLER *et al.*, 1991).

A cada ano, produtos mais modernos vão surgindo no mercado, buscando-se ingredientes mais eficazes e seletivos. No entanto, os resultados deste trabalho mostraram que as marcas comerciais de iscas formicidas utilizadas, que deveriam ser seletivas apenas para as formigas cortadeiras, também foram atrativas para a espécie de formiga não-alvo *E. brunneum*. Os dados existentes na literatura mostram que outras espécies não-alvo também acabam se contaminando direta ou indiretamente e, dependendo do ingrediente ativo utilizado, das condições de transporte e armazenamento dos produtos, umidade e temperatura, modo e local de aplicação, a atratividade pode ser diminuída para espécies-alvo e aumentada para outras não-alvo.

Dessa forma, ficou evidenciado que um mesmo ingrediente ativo pode causar efeitos diferentes em uma população ou em espécies diferentes. É por estes motivos, que a extrapolação de resultados obtidos em um trabalho como este, deve ser feito de forma cuidadosa, pois cada organismo responde de diferentes formas a uma mesma condição.

Ainda, existe a necessidade de desenvolvimento de metodologias que sejam empregadas em testes laboratoriais visando o contato de formigas não-alvo com as iscas formicidas aplicadas em campo. Trabalhos nesta área são escassos, e a falta de padronização de metodologia dificulta a comparação dos resultados. Desta forma, este trabalho contribuiu para o conhecimento de quais são os efeitos de algumas substâncias químicas sobre a espécie de formiga predadora estudada, além de propor uma metodologia laboratorial para se testar iscas formicidas em organismos não-alvo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DELABIE, J.H.C.; DELLA-LÚCIA, T.M.C. & PASTRE, L. Protocolo de experimentação para avaliar a atratividade de novas formulações de iscas granuladas utilizadas no controle de formigas cortadeiras *Acromyrmex* spp. e *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini) no campo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.29, n.4, p.843-848, 2000.
- DIEHL-FLEIG, E. Ocorrência de *Acromyrmex* em áreas com distintos níveis de perturbação antrópica no Rio Grande do Sul. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 19, n.2, pp.165-171, 1997.
- FARJI-BRENER, A.G.F. Posibles vías de expansión de la hormiga cortadora de hojas *Acromyrmex lobicornis* hacia la Patagonia. **Ecología Austral**, Luján, 6: 144-150. 1996.
- FARJI-BRENER, A.G.F. & A. RUGGIERO. Leaf-cutting ants (*Atta* and *Acromyrmex*) inhabiting Argentina: patterns in species richness and geographical range sizes. **Journal of Biogeography**, v. 21, n.4, pp.391-399, 1994.
- FOWLER, H.G.; FORTI, L.C.; BRANDÃO, C.R.F.; DELABIE, J.H.C. & VASCONCELO, H.L. Ecologia nutricional de formigas. In: A. R. PANIZZI e J. R. P. PARRA. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. Manole Editora LTDA. São Paulo, SP. pp.131-223, 1991.
- PIMENTEL, D. & LEHMAN, H. The pesticide question - Environment, economics and ethics. In: EDWARDS, C. A. (ed.) **The impact of pesticides on the environment**. Chapman & Hall, p. 13-46, 1993.
- TOFOLO, V.C. & GIANNOTTI, E. Population dynamics of *Ectatomma brunneum* (Hymenoptera: Formicidae) under laboratory conditions. **Sociobiology**, v.46, n.3, pp.627-636, 2005.
- VASCONCELOS, H.L. & CHERRETT, J.M. Changes in leaf-cutting ant populations (Formicidae: Attini) after the clearing of mature forest in Brazilian Amazonia. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v.30, n.2, pp.107-113, 1995.
- WEBER, N.A. Fungus ants. In: H. R. Hermann (Ed.). **Social insects**. New York, Academic Press, 1982.

LITERATURA CITADA

--- A ---

- AGOSTI, D. & JOHNSON, N.F. Editors. 2005. **Antbase**. *World Wide Web electronic publication*. Disponível em <www.antbase.org>, version (05/2005). Acesso em 21 de Fevereiro de 2007.
- ALVES, J.B.; ZANÚNCIO, J.C.; GALO, M.V. & ZANETTI, R. Paralisação de forrageamento e controle de *Atta laevigata* (F. Smith) (Hymenoptera: Formicidae) com Mirex-S (sulfluramida) em duas metodologias de medição de formigueiros. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n.1, pp. 141-146, 1997.
- AMANTE, E. **Influência de alguns fatores microclimáticos sobre a formiga saúva *A. laevigata* (F. Smith, 1858), *A. sexdens rubropilosa* Forel, 1908, *A. bisphaerica* Forel, 1908 e *A. capiguara* Gonçalves, 1944 (Hymenoptera: Formicidae) em formigueiros localizados no Estado de São Paulo**. (Tese de Doutorado em Agronomia). Piracicaba: ESALQ, 175 p., 1972.
- ANTONIALLI-JR, W. & GIANNOTTI, E. Division of labor in *Ectatomma edentatum* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v.39, n.1, pp.37-63, 2002.
- ARMENTA, R.; MARTINEZ, A.M.; CHAPMAN, J.W.; MAGALLANES, R.; GOULSON, D.; CABALLERO, P.; CAVE, R.D.; CISNEROS, J.; VALLE, J.; CASTILLEJOS, V.; PENAGOS D.I.; GARCÍA, L.F. & WILLIAMS, T. Impact of a nucleopolyhedrovirus bioinsecticide and selected synthetic insecticides on the abundance of insect natural enemies on maize in Southern Mexico. **Journal of Economic Entomology**, v.96, n.3, pp.649-661, 2003.
- AWASTHI, M.D. & PRAKASH, N.B.. Persistence of Chlorpyrifos in Soils under Different Moisture Regimes. **Pest Management Science**, v.50, n.1, pp.1-4, 1999.

--- B ---

- BALANÇA, G. & de-VISSCHER, M.N. Effects of very low doses of fipronil on grasshoppers and non-target insects following field trials for grasshopper control. **Crop Protection**, v.16, n.6, pp.553-564, 1997a.

- BARBANI, L.E. **Foraging activities and food preferences of the odorous house ant (*Tapinoma sessile* Say) (Hymenoptera: Formicidae)**. Thesis – Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, 76p., 2003.
- BOARETTO, M.A.C. & FORTI, L.C. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. **Série Técnica IPEF**, v.11, n.30, pp.31-46, mai, 1997.
- BROWN-Jr. W.L. Contributions toward a reclassification of the Formicidae. II. Tribe Ectatommini (Hymenoptera). **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology**, v. 118, n. 5, pp. 175-362, 1958.
- BUENO, O.C. & CAMPOS-FARINHA, A.E.C. As formigas domésticas. Capítulo 6, p. 135-180. In: MARICONI, F. A. M. **Insetos e outros invasores de residências**. Piracicaba: FEALQ, v.6, 460p., 1999.

--- C ---

- CHAGAS, A.C.S. & VASCONCELOS, V.O. Comparação da frequência de atividade forrageira da formiga *Pachycondyla obscuricornis* (Emery, 1890) (Hymenoptera: Formicidae) no verão e no inverno, em condições de campo. **Revista Brasileira de Zoociências**, v.4, n.1, pp.97-109, 2002.
- CHAPMAN, R.F. **The insects: Structure and Function**. Cambridge University Press, 4th edition, Cambridge, p.770, 1998.
- CHAUZAT, M.P.; FAUCON, J.P.; MARTEL, A.C.; LACHAIZE, J.; COUGOULE, N. & AUBERT, M. A survey of pesticide residues in pollen loads collected by honey bees in France. **Journal of Economic Entomology**, v.99, n.2, pp.253-262, 2006.
- COLLINS, H.L. & CALLCOTT, A.M.A. Fipronil: an ultra-low-dose bait toxicant for control of red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). **Florida Entomologist**, v.81, n.3, pp.407-415, 1998.
- COSTA, H.S. & RUST, M.K. Mortality and foraging rates of Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) colonies exposed to potted plants treated with fipronil. **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, v.16, n.1, pp.37-48, 1999.
- COX, C. Chlorpyrifos: Ecological Effects. **Journal of Pesticide Reform**, v.15, n.2, pp.1-19, 1995.
- CRUZ, A.P.; ZANUNCIO, J.C. & ZANETTI, R. Eficiencia de cebos granulados a base de sulfluramida o de clorpirifós en el control de *Acromyrmex octospinosus*

(Hymenoptera: Formicidae) en el trópico húmedo. **Revista Colombiana de Entomología**, Bogotá, v. 26, n. 1-3, p. 67-69, 2000.

--- D ---

- DELABIE, J.H.C. Comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae): métodos de estudo e estudos de casos na Mata Atlântica. *In: Anais do Encontro de Zoologia do Nordeste*. Feira de Santana, Editora Feira de Santana – BA, pp.58-68, 1999.
- DELABIE, J.H.C.; DELLA-LÚCIA, T.M.C. & PASTRE, L. Protocolo de experimentação para avaliar a atratividade de novas formulações de iscas granuladas utilizadas no controle de formigas cortadeiras *Acromyrmex* spp. e *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini) no campo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.29, n.4, p.843-848, 2000.
- DEL-CLARO, K.; PIZO, M.A. & OLIVEIRA, P.S. Competição e hierarquia de dominância entre espécies de formigas utilizando os nectários extraflorais de *Urena aff. lobata* L.(Malvaceae). **X Encontro Anual de Etologia, Jaboticabal**, v.10, p.185, 1992.
- DEL-CLARO, K.; SANTOS, J.C. & DURÃES, A.S.J. Etograma da formiga arborícola *Cephalotes pusillus* (Klug, 1824) (Formicidae: Myrmicinae). **Revista de Etologia**, v.4, n.1, pp.31-40, 2002.
- DELPUECH, J.M.; FROMENT, B.; FOUILLET, P.; POMPANON, F.; JANILLON, S. & BOULÉTREAU, M. Inhibition of sex pheromone communications of *Thrichogramma brassicae* (Hymenoptera) by the insecticide chlorpyrifos. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.17, n.6, pp.1107-1113, 1998.
- DIEHL-FLEIG, E. Ocorrência de *Acromyrmex* em áreas com distintos níveis de perturbação antrópica no Rio Grande do Sul. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 19, n.2, pp.165-171, 1997.

--- E ---

- EISNER, T. & HAPP, G.M. The infrabucal pocket of a Formicinae ant: a social filtration device. **Psyche**, v. 69, n. 3, p. 107-116, 1962.

ELANDT-JOHNSON, R. & JOHNSON, N. L. **Survival models and data analysis.**
John Wiley and Sons, New York. 1980.

--- F ---

FARJI-BRENER, A.G.F. Posibles vías de expansión de la hormiga cortadora de hojas *Acromyrmex lobicornis* hacia la Patagonia. **Ecología Austral**, Luján, 6: 144-150. 1996.

FARJI-BRENER, A.G.F. & A. RUGGIERO. Leaf-cutting ants (*Atta* and *Acromyrmex*) inhabiting Argentina: patterns in species richness and geographical range sizes. **Journal of Biogeography**, v. 21, n.4, pp.391-399, 1994.

FORSCHLER, B.T. & EVANS, G.M. Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) foraging activity response to selected containerized baits. **Journal of Entomological Science**, v.29, pp.209-214, 1994.

FORTI, L.C. **Formigas cortadeiras: distribuição geográfica, biologia, ecologia e danos.** Botucatu, 39p., 1997.

FORTI, L.C.; DELLA-LUCIA, T.M.C.; YASSU, W.K.; BENTO, J.M.S. & M.A.S. PINHÃO. Metodologias para experimentos com iscas granuladas para formigas cortadeiras, 191-211. *In*: DELLA-LUCIA T. M. C. (ed.), **As formigas cortadeiras.** Viçosa, Folha de Viçosa, 262p., 1993.

FORTI L.C.; NAGAMOTO, N.S.; RAMOS, V.M.; PROTTI de ANDRADE, A.P.; LOPES, J.F.; da SILVA-CAMARGO, S.R.; ALVES-MOREIRA, A. & CASTELLANI BOARETTO, M.A. Eficiencia de sulfloramida, fipronil y clorpirifos como sebos en el control de *Atta capigura* Gonçalves (Hymenoptera: Formicidae). **Pasturas Tropicales**, v.25, n.3, Dez.2003.

FOWLER, H.G.; FORTI, L.C.; BRANDÃO, C.R.F.; DELABIE, J.H.C. & VASCONCELO, H.L. Ecologia nutricional de formigas. *In*. A. R. PANIZZI e J. R. P. PARRA. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas.** Manole Editora LTDA. São Paulo, SP. pp.131-223, 1991.

FRAGOSO, D.B.; JUSSELINO-FILHO, P.; GUEDES, R.N.C. & PROQUE, R. Seletividade de inseticidas a vespas predadoras de *Leucoptera coffeella* (Guér.-Mènev.) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Neotropical Entomology**, v.30, n.1, pp.139-144, 2001.

--- G ---

- GENTILE, A.G.; SARTINI, J.L.; CAMPO, M.C. & SÁNCHEZ, J.F. Eficacia del fipronil en el control del ciclo peridomiciliario de *Triatoma infestans* en un área con resistência a la Deltametrina. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, pp. 1240-1248, set-out, 2004.
- GIANNOTTI, E. & MACHADO, V.L.L. Notes on the foraging of two species of Ponerinae ants: food resources and daily hunting activities (Hymenoptera; Formicidae). **Bioikos**, v. 6, n. 1/2, p. 7-17, 1992.
- GLANCEY, B.M.; VANDER-MEER, R.K.; GLOVER, A.; LOFGREN, C.S. & VINSON S.B. Filtration of microparticules from liquids ingested by the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren. **Insectes Sociaux**, v. 28, n. 4, p. 395-401, 1981.
- GONÇALVES, C. R. O gênero *Acromyrmex* no Brasil. **Studia Entomologica**, v.4, n.1-4, p. 113-180, 1961.

--- H ---

- HERMANN, H.R. Crepuscular and nocturnal activities of *Paraponera clavata* (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae). **Ent. News**, v.86, n.5-6, pp. 94-98, 1975.
- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, O. **The Ants**. London: Springer, 732 p., 1990.
- HOOPER-BUI, L.M. & RUST, M.K. Oral toxicity of abamectin, boric acid, fipronil, and hydramethylnon to laboratory colonies of Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, v.96, n.3, pp.858-864, 2000.

--- K ---

- KEMPF, W.W. A survey of the ants of the soil fauna in Surinam (Hymenoptera: Formicidae). **Studia Entomologica**, v. 4, pp. 481-524, 1961.
- KEMPF, W.W. Catálogo abreviado das formigas da região neotropical (Hymenoptera: Formicidae). **Studia Entomologica**, v. 15, n. 1, 344 p., 1972.

KIELY, T.; DONALDSON, D. & GRUBE, A. Pesticides industry sales and usage: 2000 and 2001 market estimates. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC 20460, May 2004.

KLOTZ, J.H. Diel differences in foraging in two ant species (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of the Kansas Entomological Society**, v.57, n.1, pp.11-118, 1984.

--- L ---

LARANJEIRO, A.J. & ZANÚNCIO, J.C. Avaliação da isca à base de sulfluramida no controle de *Atta sexdens rubropilosa* pelo processo de dosagem única de aplicação. **IPEF** n.48/49, p.144-152, jan/dez 1995.

LARINI, L. **Toxicologia dos praguicidas**. Editora Manole Ltda, 1a edição, 230p., 1999.

LARTIGES, S.B. & GARRIGUES, P.P. Degradation kinetics of a organophosphorus and organonitrogen pesticides in different waters under various environmental conditions. **Environmental Science & Technology**, v.29, pp.1246-1254, 1995.

LEFOE, G.; WARD, D.; HONAN, P.; DARBY, S. & BUTLER, K. Minimising the impact of European wasps on the grape and wine industry. **Final report to Grape and Wine Research & Development Corporation**, DAV 99/1, 14 December, 2001.

LEISTRA, M.; SMELT, J.H.; WESTSTRATE, J.H.; van-den-BERG, F. & AALDERINK, R. Volatilization of the pesticides chlorpyrifos and fenpropimorph from a potato crop. **Environmental Science & Technology**, v.40, n.1, pp.96-102, Jan1 2006.

LEVAN, M.A. & STONE, E.L. Soil modification by colonies of Black Meadow ants in a New York old field. **Soil Science Society of America Journal**, 47: 1192-1195, 1983.

LINK, D.; LINK, H.M. & LINK, F.M. Atratividade e rejeição de iscas formicidas granuladas a base de clorpirifós no controle de *Acromyrmex octospinosus*. **Anais do XII Encontro de Mirmecologia**, Porto Alegre, RS, p.112, 1995.

- LOECK, A.E. & NAKANO, O. Efeito de novas substâncias visando o controle de saúveiros novos de *Atta laevigata* (Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). **O solo**, Piracicaba, v.76, n.1, p.25-30, jan/jun, 1984.
- LÓPEZ, R.; HELD, D.W. & POTTER, D.A. Management of a mound-building ant, *Lasius neoniger* Emery, on Golf Putting Greens and Tees using delayed-action baits or fipronil. **Crop Science**, v.40, pp.511-517, 2000.

--- M ---

- MARICONI, F.A.M. **As saúvas**. Editora Agrônômica Ceres, São Paulo, 167p., 1970.
- MARQUES, O.M.; VIANA, C.H.P.; KAMOSHIDA, M.; CARVALHO, C.A.L. & SANTOS, G.M.M. Hábitos de nidificação e alimentares de *Ectatomma quadridens* (Fabricius, 1793) (Hymenoptera, Formicidae) em Cruz das Almas – BA. **Insecta**, v. 4, n. 1, pp.1-9, 1995.
- McCLUSKEY, E.S. & BROWN, W.L. Rhythms and other biology of the giant tropical ant *Paraponera*. **Psyche**, v.79, pp.335-347, 1972.
- McGREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington: USDA, (Agriculture Handbook, 496), 411p., 1976.
- MEIKLE, R.W.; KURIHARA, N.H. & DEVRIES, D.H. Chlorpyrifos: the photodecomposition rates in dilute aqueous solution and on a surface, and the volatilization rate from a surface. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.12, n.2, pp.189-193, March 1983.
- MICHEREFF-FILHO, M.; DELLA-LUCIA, T.M.C.; CRUZ, I.; GUEDES, R.N.C. & GALVÃO, J.C.C.. Chlorpyrifos spraying of no-tillage corn during tasselling and its effect on damage by *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) and on its natural enemies. **Journal of Applied Entomology**, v.126, pp. 422-430, 2002.
- MICHEREFF-FILHO, M.; GUEDES, R.N.C.; DELLA-LUCIA, T.M.C.; MICHEREFF, M.F.F. & CRUZ, I. Non-target impact of chlorpyrifos on soil arthropods associated with no-tillage cornfields in Brazil. **International Journal of Pest Management**, v.50, n.2, pp.91-99, 2004.
- MIGUEL, T.B. & DEL-CLARO, K. Polietismo etário e repertório comportamental de *Ectatomma opaciventre* Roger, 1861 (Formicidae: Ponerinae). **Revista Brasileira de Zoociências**, v.7, n.2, pp.297-310, 2005.

MILL, A.E. Faunal studies on termites (Isoptera) and observations on their ant predator (Hymenoptera, Formicidae) in the Amazon Basin. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 26, n. 3/4, p. 253-260, 1982.

--- N ---

NGIM, K.K. & CROSBY, D.G. Abiotic processes influencing fipronil and desethiofipronil Dissipation in California, USA, rice fields. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.20, pp.972-977, 2001.

--- O ---

OMOTO, C. Modo de ação de inseticidas e resistência de insetos a inseticidas. *In*: **Bases e técnicas do manejo de insetos**, ed. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, v.1, p.31-49, 2000.

OVERAL, W.L. Recrutamento e divisão de trabalho em colônias naturais da formiga *Ectatomma quadridens* (Fabr.) (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae). **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi Zoologia**, v. 2, n. 2, p. 113-135, 1986.

--- P ---

PAIVA, R.V.S. & BRANDÃO, C.R.F. Estudos sobre a organização social de *Ectatomma permagnum* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). *Revista Brasileira de Biologia*, v.49, pp.783-792, 1989.

PERES-FILHO, O. & DORVAL, A. Efeito de formulações granuladas de diferentes produtos químicos e à base de folhas e sementes de gergelim, *Sesamum indicum*, no controle de formigueiros de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). **Ciência Florestal**, v.13, n.2, pp. 67-70, 2003.

PERFECTO, I. Indirect and direct effects in a tropical agroecosystem: the maize-pest-ant system in Nicaragua. **Ecology**, v.71, n.6, pp.2125-2134, 1990.

PESTICIDE ACTION NETWORK , UK (PAN). Fipronil. **Pesticide News**, n.48, p.20, June 2000.

PIMENTEL, D. & LEHMAN, H. The pesticide question - Environment, economics and ethics. *In*: EDWARDS, C. A. (ed.) **The impact of pesticides on the environment**. Chapman & Hall, p. 13-46, 1993.

--- Q ---

QUINLAN, R.J. & CHERRET, J.M. Studies on role of infrabuccal pocket of leaf-cutting ant *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Hymenoptera: Formicidae). **Insectes Sociaux**, v. 25, n. 3. p. 237-245, 1978.

QUIRÁN, E.M. Hormigas cortadoras en Argentina. *In*: BERTI-FILHO, E.; MARICONI, F.A.M. & FONTES, L.R. (Eds). **Anais do simpósio sobre formigas cortadeiras dos países do Mercosul**. Piracicaba, FEALQ, 139p., 1998.

--- R ---

RAMOS, L.S., MARINHO, C.G.S.; ZANETTI, R., DELABIE, J.H.C. & SCHLINDWEIN, M.N. Impacto de iscas formicidas granuladas sobre a mirmecofauna não-alvo em eucaliptais segundo duas formas de aplicação. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 2, p. 231-237, 2003.

RAMOS, L.S.; ZANETTI, R.; MARINHO, C.G.S.; DELABIE, J.H.C.; SCHLINDWEIN, M.N. & ALMADO, R-P. Impacto das capinas mecânica e química do sub-bosque de *Eucalyptus grandis* sobre a comunidade de formigas (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 139-146, 2004.

--- S ---

SACKMANN, P.; RABINOVICH, M. & CORLEY, J.C. Successful removal of German yellowjackets (Hymenoptera: Vespidae) by toxic baiting. **Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria**, Comunicaciones Técnicas, 2004.

SANTANA-REIS, V.P.G. & SANTOS G.M.M. Influência da estrutura do habitat em comunidades de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em Feira de Santana, Bahia, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v. 1, n. 1, p. 66-70, 2001.

- SANTOS, J.C. **Ecologia e comportamento de formigas tecelãs (*Camponotus*) do Cerrado brasileiro**. (Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG, 67p., 2002.
- SCHLINDWEIN, M.N. **Avaliação das estratégias de forrageamento de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) com o uso de manipulação espaço-temporal de recursos vegetais**. (Tese de Doutorado em Ciências Biológicas). Rio Claro, SP, UNESP, 100p., 1996.
- SCHNELLMAN, R.G. & MANNING, R.O. Perfluorooctane sulfonamide: a structure novel uncoupler of oxidative phosphorylation. **Biophysica Acta**, v.1060, p.344-348, 1990.
- SILVEIRA-NETO, S.; MARCHINI, L.C. & ALVES, S.B. Pragas das pastagens. *In*: **Curso de Entomologia Aplicada à Agricultura**. Manual de curso à distância. FEALQ, Piracicaba, SP, p.335, 1992.
- SIMAS, V.R.; COSTA, E.C. & SIMAS, C.A. Controle de *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868 (Hymenoptera: Formicidae). **Rev. Fac. Zootec. Vet. Agro. Uruguaiana**, v.7/8, n.1, pp.41-46, 2000/01.
- STEVENS, M.M.; JAMES, D.G. & SCHILLER, L.J. Attractiveness of bait matrices and matrix/toxicant combinations to the citrus pests *Iridomyrmex purpureus* (F.Smith) and *Iridomyrmex rufoniger* gp sp. (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Applied Entomology**, v.126, pp.490-496, 2002.

--- T ---

- TOFOLO, V.C. & GIANNOTTI, E. Population dynamics of *Ectatomma brunneum* (Hymenoptera: Formicidae) under laboratory conditions. **Sociobiology**, v.46, n.3, pp.627-636, 2005.
- TRANIELLO, J. Foraging strategies of ants. **Annual Review of Entomology**, v.34, pp.191-210, 1989.

--- U ---

ULLOA-CHACÓN, P. & JARAMILLO, G.I. Effects of boric-acid, fipronil, hydramethylnon, and diflubenzuron baits on colonies of ghost ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, v.96, n.3, pp.856-862, 2003.

--- V ---

VASCONCELOS, Y. Em pequenas doses. **Revista Pesquisa FAPESP**, edição 132, Fevereiro 2007.

VASCONCELOS, H.L. & CHERRETT, J.M. Changes in leaf-cutting ant populations (Formicidae: *Attini*) after the clearing of mature forest in Brazilian Amazonia. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v.30, n.2, pp.107-113, 1995.

--- W ---

WAGNER, D. The influence of ant nests on Acacia seed production, herbivory and soil nutrients. **Journal of Ecology**, 85: 83-93, 1997.

WAGNER, D. BROWN, M.J.F.; GORDON, D.M. Harvester ant nests, soil biota and soil chemistry. **Oecologia** 112: 232-236, 1997.

WARNER, J. & SCHEFFRAHN, R.H. Laboratory evaluation of baits, residual insecticides, and an ultrasonic device for control of white-footed ants, *Technomyrmex albipes* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v.45, n.2, pp.1-14, 2005.

WEBER, N.A. Fungus ants. *In*: H. R. Hermann (Ed.). **Social insects**. New York, Academic Press, 1982.

WHEELER, W.M. **Ants, their structure, development and behavior**. Columbia University Press, 663p., 1926.

WHITE, G.L. Control of leaf-cutting ants *Acromyrmex octospinosus* (Reich.) and *Atta cephalotes* (L.) (Formicidae: Attini) with a bait of citrus meal and fipronil. **Journal of Pest Management**, v.44, n.2, pp.115-117, 1998.

WILSON, E.O. **The insect societies**. The Belknap Press of Harvard University, Cambridge, Massachusetts, 548p., 1971.

--- Z ---

ZANETTI, R.; ZANÚNCIO, J.C.; SOUZA-SILVA, A.J.A. & de ABREU, L.G. Eficiência de isca formicida aplicada sobre o monte de terra solta de ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n. 3, p. 407-410, 2003a.

ZANETTI, R.; DIAS, N.; REIS, M.; SOUZA-SILVA, A. & MOURA, M.A. Eficiência de iscas granuladas (sulfluramida 0,3%) no controle de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.4, p.878-882, jul/ago, 2004.

ZANETTI, R.; ZANÚNCIO, J.C.; MAYÉ-NUNES, A.J.; MEDEIROS, A.G.B. & SOUZA-SILVA, A. Combate sistemático de formigas-cortadeiras com iscas granuladas, em eucaliptais com cultivo mínimo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n. 3, p. 387-392, 2003b.

ZANÚNCIO, J.C.; LARANJEIRO, A.J. & DeSOUZA, O. Controle de *Acromyrmex subterraneus molestans* (Hymenoptera: Formicidae) com sulfluramida. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 25, n. 3, p. 383-388, 1996.

ZANÚNCIO, J.C.; SOSSAI, M.F. & OLIVEIRA, H.N. Influência das iscas formicidas Mirex-S Max e Blitz na paralisação de corte e no controle de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.2, p.237-242, mar/abr, 2002.

ZANÚNCIO, J.C.; VILELA, E.F. & NOGUEIRA, S.B. Emprego de iscas granuladas e pós-secos no controle de *Atta laevigata*, no município de Curvelo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.4, n.2, p.221-226, jul/dez, 1980.

ZANÚNCIO, J.C.; ZANÚNCIO, T.V. & PEREIRA, J.M.M. Controle de *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) com a isca Landrin-F, em área anteriormente coberta com *Eucalyptus*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.4, p. 573-576, jul/set, 1999.

ZANÚNCIO, J.C.; COUTO, L.; SANTOS, G.P. & ZANÚNCIO, T.V. Eficiência da isca granulada Mirex-S, à base de sulfluramid, no controle da formiga cortadeira

- Atta laevigata* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.16, n.3, pp.357-361, 1992.
- ZANÚNCIO, J.C.; COUTO, L.; ZANÚNCIO, T.V. & FAGUNDES, M. Eficiência da isca granulada Mirex-S (sulfluramida 0,3%) no controle da formiga-cortadeira *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.17, n.1, pp.85-90, 1993.