

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS DE OPERÁRIAS DE *Atta*
sexdens rubropilosa FOREL, 1908 (HYMENOPTERA, FORMICIDAE)
A SUBSTÂNCIAS VOLÁTEIS**

TIERLA GIANI SCHUSSLER BARROS

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP – Campus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas)

BOTUCATU-SP

Novembro 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS DE OPERÁRIAS DE *Atta*
sexdens rubropilosa FOREL, 1908 (HYMENOPTERA, FORMICIDAE)
A SUBSTÂNCIAS VOLÁTEIS**

TIERLA GIANI SCHUSSLER BARROS

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Forti

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP Campus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas)

BOTUCATU-SP

Novembro – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

B277r Barros, Tierla Giani Schussler, 1979 -
Respostas comportamentais de operárias de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera, Formicidae) a substâncias voláteis / Tierla Giani Schussler Barros. - Botucatu : [s.n.], 2013
ix, 70 f. : tabs., ils. color., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2013
Orientador: Luiz Carlos Forti
Inclui bibliografia

1. Formiga-cortadeira - Comportamento. 2. Olfato. 3. Compostos orgânicos voláteis. I. Forti, Luiz Carlos. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS DE OPERÁRIAS DE Atta sexdens rubropilosa
FOREL, 1908 (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) A SUBSTÂNCIAS VOLÁTEIS"

ALUNA: TIERLA GIANI SCHUSSLER BARROS

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ CARLOS FORTI

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. LUIZ CARLOS FORTI



PROFA. DRA. JULIANE SANTOS LOPES



PROF. DR. CARLOS FREDERICO WILCKEN

Data da Realização: 06 de agosto de 2013.

DEDICO

Ao meu esposo Evandro Carlos Barros, por todo seu amor, pela paciência, companheirismo, por me dar força e incentivo nos momentos de dificuldade.

Ao meu filho Victor Barros, essência de minha vida, por todo seu amor, pelos sorrisos dados todas as manhãs, por entender a minha ausência.

Aos meus pais Darci e Delires Schussler e meus irmãos Adalma e Deidris Schussler, que sempre me incentivaram e me deram forças para continuar.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, por guiar os meus passos nos momentos de dificuldades.

À Universidade Estadual Paulista, através da Coordenação de Pós- Graduação em Agronomia/Proteção de Plantas, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos de mestrado, a qual não seria possível a elaboração deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luiz Carlos Forti, pela oportunidade oferecida, colaboração e ensinamentos.

Ao Departamento de Proteção Vegetal pela oportunidade.

A todos os colegas de laboratório pelas contribuições na realização deste trabalho e convívio durante este período.

Aos meus irmãos pelo estímulo.

Aos amigos, pelo incentivo nos momentos de dificuldade.

A Juliana pelas análises estatísticas.

A todas as pessoas que de alguma forma me auxiliaram ou incentivaram a minha vida profissional.

A todos que direta ou indiretamente me auxiliaram nesse trabalho.

LISTA DE TABELAS

	Pagina
CAPITULO I – RESPOSTA COMPORTAMENTAL DAS OPERÁRIAS DE <i>Atta sexdens rubropilosa</i> (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) NA PERCEPÇÃO DE ODORES DE MATERIAIS ATRATIVOS.....	21
Tabela 1: Repertório comportamental das operáriass de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> Forel, 1908 (Hymenoptera, Formicidae) submetida a voláteis atrativos em condições de laboratório (120 horas de observações quantitativas).	32
CAPITULO II: ALTERAÇÃO COMPORTAMENTAL NA PERCEPÇÃO DE ODORES REPELENTES POR OPERÁRIAS DE <i>Atta sexdens rubropilosa</i> (HYMENOPTERA, FORMICIDAE)	38
Tabela 1: Repertório comportamental das operáriass de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> Forel, 1908 (Hymenoptera, Formicidae) submetida a voláteis repelentes em condições de laboratório (120 horas de observações quantitativas).	44
CAPITULO III – RESPOSTA DE OPERÁRIASS DE <i>Atta sexdens rubropilosa</i> (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) QUANTO A DISTÂNCIA DA FONTE DE ODOR	51
Tabela 1: Quantidade média de operárias de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> Forel 1908, registradas nas diferentes distâncias da fonte de odor atrativo.....	57
Tabela 2: Medianas e percentis 25 e 75% do número de operárias em cada ninho, distância e comportamento separadamente.	58
Tabela 3: Medianas e percentis 25 e 75% da quantidade de formigas considerando os dados de odor.	59

LISTA DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1: <i>Atta sexdens rubropilosa</i> Forel, 1908 (Fonte: www.antweb.org).....	19
Figura 2: Colônia de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> Forel, 1908 em Laboratório (Fonte: arquivo pessoal Tierla Barros).....	20
CAPITULO I – RESPOSTA COMPORTAMENTAL DAS OPERÁRIAS DE <i>Atta sexdens rubropilosa</i> (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) NA PERCEPÇÃO DE ODORES DE MATERIAIS ATRATIVOS.....	21
Figura 1: Desenho esquemático da passarela de vidro utilizada nos testes de atratividade de operárias de <i>Atta sexdens rubropilosa</i>	24
Figura 2: Olfatômetro e trilha artificial do sistema usado para a quantificação dos atos comportamentais para <i>Atta sexdens rubropilosa</i> Forel 1908.(Fonte: arquivo pessoal Tierla Schussler Barros).....	24
Figura 3: Pasta formada pela polpa de laranja e água destilada (Fonte: arquivo pessoal Tierla Schussler Barros).....	25
CAPITULO II: ALTERAÇÃO COMPORTAMENTAL NA PERCEPÇÃO DE ODORES REPELENTES POR OPERÁRIAS DE <i>Atta sexdens rubropilosa</i> (HYMENOPTERA, FORMICIDAE)	38
CAPITULO III – RESPOSTA DE OPERÁRIASS DE <i>Atta sexdens rubropilosa</i> (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) QUANTO A DISTÂNCIA DA FONTE DE ODOR.....	51
Figura 1: Desenho esquemático do olfatômetro em Y utilizado nos testes de atratividade para as operárias de <i>Atta sexdens rubropilosa</i>	54
Figura 2: Passarela de vidro utilizada nos testes de atratividade de operárias de <i>Atta sexdens rubropilosa</i>	55

LISTA DE ABREVIATURAS

Levantar a cabeça: LCA

Levantar as antenas: LA

Levantar o corpo: LCO

Antenar a superfície do vidro: AV

Marcar trilha: MT

Tocar-se antenas: TA

Limpar antena 1° par perna: LPPP

Virar em direção as plumas de odor: VDO

Abrir aparelho bucal: AAB

Parar em frente às plumas de odor: PFO

Cortar a superfície do vidro: CV

Lamber a superfície do vidro: LV

Ir e voltar em frente as plumas de odor: IVO

Tocar-se aparelho bucal: TAB

Tocar com antena nas pernas das outras operárias: TAP

Curvar o gáster: CG

Limpar 1° par pernas no aparelho bucal: LPPAB

Passar 2° par pernas no abdome: PPPA

Passar antena no aparelho bucal: PAAB

Passar 2° par pernas aparelho bucal: PPPAB

SUMARIO

	Pagina
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS	IX
SUMARIO.....	X
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	14
1.1 Espécie em estudo.....	18
1.2 Área de estudo	20
1.3 Colônias em laboratório	20
CAPITULO I – RESPOSTA COMPORTAMENTAL DAS OPERÁRIAS DE <i>Atta sexdens rubropilosa</i> (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) NA PERCEPÇÃO DE ODORES DE MATERIAIS ATRATIVOS.....	21
1 Introdução	21
2 Material e Métodos.....	22
3 Resultados e Discussão	26
3.1 Agrupamentos dos atos comportamentais.....	26
3.1.1 Limpeza do corpo.....	26
3.1.2 Alimentação	27
3.1.3 Comunicação.....	28
3.1.4 Defesa	30
3.1.5 Exploração:	30
3.1.6 Outros	30
4 Referências.....	35

CAPITULO II: ALTERAÇÃO COMPORTAMENTAL NA PERCEPÇÃO DE ODORES REPELENTES POR OPERÁRIAS DE <i>Atta sexdens rubropilosa</i> (HYMENOPTERA, FORMICIDAE)	38
1 Introdução	38
2 Material e Métodos.....	40
3 Resultados e Discussão	42
3.1 Defesa.....	42
4 Referências.....	48
CAPITULO III – RESPOSTA DE OPERÁRIAS DE <i>Atta sexdens rubropilosa</i> (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) QUANTO A DISTÂNCIA DA FONTE DE ODOR	51
1 Introdução	51
2 Material e Métodos.....	52
2.1 Experimento 1: Percepção do odor em diferentes distâncias usando olfatômetro em forma de “Y”	53
2.2 Experimento 2: Percepção do odor em diferentes distâncias usando olfatômetro em trilha artificial.	54
3 Resultados e Discussão	56
4 Referências.....	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
CONCLUSÕES	66
Referências bibliográficas	67

RESUMO

As formigas cortadeiras, insetos pertencentes aos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae), recebem no Brasil, os nomes populares de saúvas e quenquéns. Devido a seu hábito alimentar polífago ocupam diversos ambientes, acarretando danos econômicos em áreas cultivadas. As partes vegetais cortadas são transportadas para suas colônias e preparadas para servir de substrato ao fungo simbiote do qual se alimentam. Apesar de inúmeros estudos sobre esses insetos sociais, novas descobertas sobre o comportamento das formigas, seus atos ou estratégias comportamentais que levam esses organismos a encontrar e utilizar as fontes de energia e nutrientes para a sua sobrevivência são regularmente divulgadas na literatura, evidenciando uma grande diversidade dos seus padrões de organização social. Dessa maneira, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a percepção de odores de diferentes substratos por *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) através de catálogos comportamentais. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Insetos Sociais – Praga, pertencente ao Departamento de Proteção Vegetal - Faculdade de Ciências Agrônomicas – Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus de Botucatu, SP. O estudo foi dividido em três capítulos. No primeiro capítulo foram desenvolvidos estudos de percepção de odores através da utilização de olfatômetro, bem como estudo do comportamento das formigas cortadeiras submetida a voláteis atrativos através da elaboração de catálogo comportamental. No segundo capítulo estudos de percepção de voláteis repelentes e elaboração de catálogo comportamental. No terceiro capítulo foram realizados estudos para determinar a distância em que as formigas cortadeiras percebem a fonte de odor. Os principais resultados demonstraram que as formigas cortadeiras na percepção de voláteis, tanto atrativos como repelentes, apresentam comportamentos diferenciados em relação ao material ofertado. Os resultados obtidos no terceiro capítulo demonstraram que as formigas cortadeiras percebem os voláteis atrativos a distâncias de pelo menos 24 cm da fonte de odor.

Palavras chave: formigas cortadeiras, percepção de odores, comportamento.

ABSTRACT

The leaf-cutting ants, insects belonging to the genera *Atta* and *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae), are called in Brazil “saúvas” and “quenquéns”. Due to their polyphagous food habit they occupy several environments, resulting in economic damage to cultivated areas. The plant parts that are cut and transported to their colonies and prepared to serve as a substrate for the symbiotic fungus from which they feed. In spite of the numerous studies about these social insects, new discoveries about the ants’ behavior, their acts or behavioral strategies that lead these organisms to find and use the energy resources and nutrients for their survival are regularly disclosed in literature, showing a great variety in their social organization patterns. This way, the present study was performed having as its goal to evaluate the smelling perception of different substrates in *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) through behavioral catalogues. The experiments were conducted in the Social pest Insects Lab, belonging to the Plant protection Department – Agronomic Science University – Universidade Estadual Paulista (UNESP). The study was divided in three chapters. In the first chapter studies of smelling perception were developed using an olfactometer, as well as the study of leaf-cutting ants exposed to volatile attractive by developing behavioral catalog. In the second chapter, studies of volatile repellents and preparation of a behavioral catalog. In the third chapter studies were carried out to determine the distance in which the leaf-cutting ants notice the smell source. The main results showed that leaf-cutting ants notice the volatile ones, either attractive ones or the repellent ones, showing different behavior in relation to the offered material. The results obtained demonstrated that the third chapter ants realize the volatile attractive distances of at least 24 cm from the odor source.

Keywords: ants, odor perception, behavior

1 INTRODUÇÃO GERAL

Considerados como herbívoros dominantes da fauna neotropical (Hodgson, 1955; Hölldobler & Wilson 1990; Roces, 2002) as formigas cortadeiras são representadas pelos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* (Formicidae, Myrmicinae e Attini), forrageiam espécies de plantas nativas e exóticas cujas folhas utilizam como substrato para o cultivo de seu fungo simbionte (Weber, 1972; Hölldobler & Wilson, 1990).

O forrageamento das formigas cortadeiras é um processo que envolve seleção, corte e transporte de material vegetal para o ninho (DELLA LUCIA & OLIVEIRA, 1993), além da transmissão de informação sobre a fonte de alimento selecionada (ROCES & HOLLDOBLER, 1994). Tem início quando uma operária escoteira seleciona uma fonte de alimento e recruta as outras, através de suas trilhas (CEDEÑO-LEÓN, 1984). Da mesma maneira como ocorre com os outros organismos, é através do forrageamento que as formigas encontram fontes de energia e nutrientes necessários à sua sobrevivência (KREBS & DAVIS, 1987). Das etapas que envolvem o forrageamento das formigas cortadeiras, a seleção de plantas é particularmente estudada por pesquisadores em função dos conhecimentos gerados apresentarem a possibilidade de serem integrados às tecnologias de controle (BOARETTO, 2000).

Ao saírem em busca do alimento, inicia-se a seleção do material vegetal pela escoteira, a qual explora o ambiente em busca de recursos disponíveis avaliando as fontes de recursos encontradas. A seleção do material pode envolver diversos fatores relacionados ao substrato vegetal, tais como, valor nutricional da planta (Rockwood, 1976); características físicas da folha (Cherett, 1972; Stradling, 1978); quantidade de água na folha (Rockwood, 1976); compostos químicos secundários produzidos pela planta (Cherett, 1972; Howard, 1987); e a distribuição dos recursos palatáveis no ambiente (Fowler & Stiles, 1980; Forti, 1985). Essa seleção ainda pode ser baseada em outros fatores relacionados tanto aos aspectos coletivos, como as necessidades nutricionais da colônia e a localização da fonte de recursos em relação ao ninho (Hölldobler, 1976; Tranielo, 1989), quanto a experiência da escoteira em reconhecer novas fontes de recursos (Roces, 1994; Roces, 2002; Lopes et al, 2004).

Durante o recrutamento se verifica a transmissão de informações sobre a fonte de alimento descoberta pela escoteira às forrageiras (Roces & Hölldobler, 1994), em adição ao estímulo visual ou mecânico necessários para a facilitação social, é

preciso que exista outra fonte de transmissão de informação, nesse caso (a comunicação feromonal) (Fowler et al., 1991). As formigas têm múltiplos sistemas de comunicação, a maioria deles, são baseados em sinais químicos (Wilson, 1971; Hölldobler, 1978). A forma mais comum de comunicação entre as formigas é por meio de substâncias químicas voláteis, substâncias solúveis e do tato. Quando essas substâncias são produzidas pelos indivíduos para se comunicar com outros indivíduos da mesma espécie, são denominados de feromônios (Hölldobler & Wilson, 1990). Os feromônios de recrutamento são depositados no solo formando uma trilha que pode informar às companheiras sobre a presença do alimento, sua localização e qualidade. A operária que encontra o alimento deixa um rastro a substância, quando regressa ao ninho. Este rastro será, então, utilizado pelas companheiras para localizarem a fonte de alimento (Hölldobler & Wilson, 1990).

As formigas são insetos sociais abrigados no solo, portanto possuem desenvolvidos sistemas olfativos e táteis, sendo o químico. Os semioquímicos utilizados na comunicação nestas sociedades contêm muitas informações e baixa volatilidade o que minimiza a habituação sensorial (Howard & Blowquist, 1982). Outra característica é que as formigas cortadeiras no ato da seleção do material a ser forrageado decernem odores e distinguem substâncias químicas através de seus órgãos sensoriais (Littledyke & Cherrett, 1978), utilizando como critério, durante a seleção, esse odor aprendido (Roces, 1990) e a experiência individual (Therrien, 1988; Lopes et al., 2004).

Além de conseguirem distinguir substâncias químicas que são tocadas por seus órgãos sensoriais, as formigas conseguem também distinguir e responder a odores de diversas substâncias existentes na planta. Portanto, os compostos químicos atraentes, quando presentes, podem promover orientação da formiga em direção aos materiais, enquanto que compostos repelentes fazem com que as formigas os evitem (Littledyke & Cherrett, 1978).

Algumas plantas podem conter substâncias deletérias ao fungo ou às formigas (Bueno et al., 1995; Boaretto et al., 2000; Hebling et al., 2000), possibilitando o desenvolvimento de um sofisticado sistema de comunicação (Ridley et al., 1996; North et al., 1999). As operárias são capazes de detectar substâncias deletérias ao fungo através da produção de um provável alomônio que atua como um reforço negativo a elas (Ridley et al., 1996). Uma vez que a colônia tenha recebido tal efeito, a planta é rejeitada por dias ou até mesmo semanas (Knapp et al., 1990). Deste modo, a seleção de plantas não está apenas

relacionada com fatores fisiológicos e morfológicos das plantas, mas também com o comportamento das operárias.

Em vários estudos com extratos de diferentes espécies de plantas e formigas cortadeiras de plantas de dicotiledôneas, já foram constatados efeitos repelentes (Okunade & Wiemer, (1985) ou arrestantes (Littleddyke & Cherrett, 1978) em frações polares de extratos. Em extratos apolares, Littleddyke & Cherrett, (1978), Okunade & Wiemer (1985) observaram atividade de repelência.

Independentemente de qual fator seja o mais determinante na seleção de plantas por formigas cortadeiras, pode-se dizer que as espécies vegetais mais atacadas ou mais suscetíveis ao corte serão aquelas que apresentarem um maior número de parâmetros atrativos em relação aos inibidores. Essa idéia é corroborada por diversos autores, entre eles Littleddyke & Cherrett (1975) que, estudando as espécies *Atta cephalotes* e *Acromyrmex octospinosus*, constataram que o máximo de coleta de material para servir de substrato ao fungo simbiote ocorreu com a adição de substâncias químicas atraentes e a remoção das repelentes.

As formigas cortadeiras do gênero *Atta* causam danos uma grande quantidade de plantas e, devido a seu hábito alimentar polífago ocupam diversos ambientes, acarretando danos econômicos em áreas cultivadas. A forma de controle mais comumente utilizada para minimizar os efeitos negativos desses insetos é a tóxica (Boaretto & Forti, 1987), embora existam outras alternativas de controle, como os métodos mecânicos, culturais, biológicos e outras modalidades de aplicação do controle químico.

As iscas consistem numa mistura de substrato atrativo com princípio ativo tóxico, formuladas na forma de pellets. Antes de ser incorporado ao substrato, o princípio ativo, que é um inseticida, sofre comumente um processo de dissolução em óleo de soja refinado. Atualmente, o substrato atrativo que serve como matriz para a fabricação de iscas é a polpa cítrica desidratada e peletizada, embora anteriormente outros materiais já tenham sido experimentados. É fato comprovado e inquestionável que a polpa cítrica exerce grande atratividade sobre as espécies de formigas que cortam preferencialmente dicotiledôneas.

Apesar de inúmeros estudos sobre esses insetos sociais, novas descobertas sobre o comportamento das formigas, seus atos ou estratégias comportamentais que levam esses organismos a encontrar e utilizar as fontes de energia e

nutrientes para a sua sobrevivência são regularmente divulgadas na literatura, evidenciando uma grande diversidade dos seus padrões de organização social.

Buscando abordar aspectos relacionados a questões sobre o comportamento de formigas cortadeiras *Atta sexdens rubropilosa*, mediante a presença de odores atrativos e repelentes, o presente trabalho teve por objetivo estudar e elucidar as seguintes questões:

- Conhecer a percepção dos odores pelas formigas cortadeiras através da utilização olfatômetro;
- Catalogar o comportamento desse gênero na percepção de odores atraentes e repelentes;
- Determinar a distância em que as formigas percebem a fonte de odor.

Para atingir estes objetivos a dissertação foi dividida em três capítulos, sendo o primeiro capítulo intitulado “RESPOSTA COMPORTAMENTAL DAS OPERÁRIAS DE *Atta sexdens rubropilosa* (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) NA PERCEPÇÃO DE ODORES DE MATERIAIS ATRATIVOS”, o segundo capítulo intitulado “ALTERAÇÃO COMPORTAMENTAL NA PERCEPÇÃO DE ODORES REPELENTES POR OPERÁRIAS DE *Atta sexdens rubropilosa* (HYMENOPTERA, FORMICIDAE)” e, o terceiro capítulo intitulado “RESPOSTA DE OPERÁRIAS DE *Atta sexdens rubropilosa* (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) QUANTO A DISTÂNCIA DA FONTE DE ODOR”.

Esta dissertação está de acordo com as Normas de Elaboração de Dissertações e Teses, dos Programas de Pós-Graduação em Agronomia e as referências de acordo com as normas da ABNT.

1.1 Espécie em estudo

As espécies de saúvas *Atta sexdens rubropilosa* possuem ampla distribuição em todo o país, com exceção da caatinga e do sertão mais seco do nordeste (Forti & Boaretto, 1997) e se distribui por toda a América tropical. Frequentemente ocorrem em áreas reflorestadas, sendo responsável por sérios prejuízos às essências dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, no Estado de São Paulo (Amante 1967). Além das essências florestais, também há registros de *A. sexdens rubropilosa* explorando espécies de plantas ornamentais e frutíferas (Mariconi et al., 1963), exibindo preferência por cortar espécies pioneiras (Wirth et al. 2003).

Essa espécie é denominada vulgarmente de “saúva – limão” por exalar odor característico, semelhante ao cheiro de limão, quando sua cabeça é comprimida. As operárias possuem a cabeça sem brilho e com pelos avermelhados.

Os ninhos possuem o monte de terra superficial depositada de forma não compactada e irregular e com câmaras de cultivo de fungo e de deposição de lixo situadas em sua grande maioria sob a projeção do monte de terra solta (Pretto, 1996). A localização dos ninhos se dá sempre próxima a áreas florestadas ou reflorestadas (Jacoby, 1943) em lugares sombreados e se distribuem de maneira regular ou casual, embora a dispersão possa ser influenciada pela disposição de estradas ou carreadores nas áreas reflorestadas (Forti et al., 1987).

Atta sexdens rubropilosa apresenta forrageamento bastante característico, composto por múltiplas fases, nas quais as operárias forrageadoras exploram o ambiente através de trilhas, e espalham-se num local de coleta onde cortam geralmente as folhas e brotações da região apical dos vegetais. Um grupo de operárias sobe nas plantas e inicia o desfolhamento cortando e derrubando as folhas no solo. Outro grupo é responsável pelo retalhamento das folhas caídas. As mesmas operárias que retalham, também carregam os fragmentos para o formigueiro, onde são processados para o cultivo do fungo (Amante 1967). Ainda pode haver um terceiro subgrupo de operárias que recupera os fragmentos de folhas sobre as trilhas e as carregam para o ninho (Fowler & Robinson, 1979).

Uma colônia pode manter várias trilhas ativas de diferentes extensões e as formigas podem percorrer longas distâncias para transportar os fragmentos de folhas da fonte de recurso ao ninho, (Hölldobler & Wilson, 1990; Howard, 2001).

A grande importância das saúvas se deve às variadas influências que esses organismos exercem em diferentes escalas, desde populações de plantas até todo o ecossistema (Wirth *et al.* 2003).

Ao nível populacional, esses organismos afetam o sucesso reprodutivo de indivíduos tanto diretamente, através da dispersão ou predação de sementes (Dalling & Wirth 1998; Leal & Oliveira 1998, 2000), quanto indiretamente, através da sua atividade de herbivoria (Wirth *et al.* 2003). As formigas também podem induzir a mortalidade de árvores inteiras através do corte de um percentual elevado de suas folhas (Vasconcelos & Cherret 1997) e têm efeito negativo sobre a regeneração de muitas espécies de plantas (Rao *et al.* 2001). Modificações nas populações podem levar a mudanças na composição e estrutura da comunidade (Farji-Brener 2001), que também é afetada através da influência que as formigas exercem no regime de luz da floresta, devido à criação de clareiras de sub-bosque nas proximidades das colônias (Garrettson *et al.* 1998). Além disso, as formigas cortadeiras aceleram a ciclagem de nutrientes, carregando para dentro de suas colônias uma grande quantidade de matéria orgânica, antes componente da cobertura vegetal (Coutinho 1984).



Figura 1: *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Fonte: www.antweb.org).

1.2 Área de estudo

Os estudos foram conduzidos no Laboratório de Insetos Sociais – Praga, pertencente ao Departamento de Proteção Vegetal – Faculdade de Ciências Agronômicas – Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus de Botucatu, SP, na qual foram mantidas as colônias de *Atta sexdens rubropilosa* e conduzidos os experimentos de abril a dezembro de 2012.

1.3 Colônias em laboratório

As formigas cortadeiras, *Atta sexdens rubropilosa*, Hymenoptera – Formicidae utilizadas na condução do experimento foram provenientes do Laboratório de Insetos Sociais – Praga, pertencente ao Departamento de Proteção Vegetal – Campus de Botucatu, SP.

As colônias foram coletadas e criadas em sistema fechado, em potes de acrílico transparentes, tendo no fundo uma camada de gesso para manter a umidade, facilitando o cultivo do fungo. Esse pote de acrílico foi interligado por tubos plásticos transparentes, onde em uma extremidade foi conectado o recipiente para colocar o substrato e na outra extremidade, o material vegetal exaurido (lixo).



Figura 2: Colônia de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 em Laboratório (Fonte: arquivo pessoal Tierla Barros).

Os formigueiros foram mantidos em laboratório a 24° C e umidade relativa aproximada de 70%. As colônias foram alimentadas com folhas de *Acalypha* sp, casca de laranja, aveia e milho moído.

CAPITULO I – RESPOSTA COMPORTAMENTAL DAS OPERÁRIAS DE *Atta sexdens rubropilosa* (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) NA PERCEPÇÃO DE ODORES DE MATERIAIS ATRATIVOS

1 Introdução

As formigas cortadeiras do gênero *Atta* são consideradas herbívoros altamente generalistas, atacando uma grande diversidade de espécies de plantas de diversas famílias (Cherrett, 1989). Destacam-se entre os insetos desfolhadores como o mais nocivo às culturas agrícolas e florestais por utilizar pequenas partes de vegetais frescos como substrato para o desenvolvimento do seu fungo simbiote.

Embora as condições ambientais se encarreguem da regulação de 99,95% das rainhas de formigas cortadeiras antes mesmo que tenham fundado seus ninhos, as práticas agrícolas adotadas nas mais diferentes culturas favorecem o aumento populacional desses insetos, tornando-se necessário a adoção de vários métodos de controle, sendo o controle químico através da utilização de iscas granuladas a técnica mais comum no controle das formigas cortadeiras.

O controle desse gênero é constante em muitos agroecossistemas, estimando-se um consumo nacional de aproximadamente 12.000 toneladas/ ano de iscas

tóxicas, forma mais comumente utilizada para minimizar efeitos negativos destes insetos devido à sua eficiência, economia e praticidade. O substrato atrativo amplamente utilizado é a polpa cítrica desidratada, que exerce grande atratividade às formigas que cortam preferencialmente dicotiledôneas (Boaretto & Forti, 1997). A polpa cítrica utilizada como veículo e atrativo nas iscas tóxicas, provavelmente é apropriada para o crescimento do fungo cultivado pelas formigas cortadeiras de dicotiledôneas, por apresentar características como: levemente ácida, elevado conteúdo de carboidratos, constituída por nitrogênio, vitaminas e microelementos, sendo adequada para o desenvolvimento do fungo simbiote (Boaretto & Forti, 1997).

No momento em que as operárias possuem contato com o material a ser forrageado, elas carregam esses substratos e recrutam outras operárias por meio de trilhas de odor produzidas por glândulas presentes no abdome e somente mudam seu objetivo se encontrarem um alimento mais atrativo (Boaretto & Forti, 1997). Este é o princípio das iscas formicidas, na qual a polpa de citros e as outras substâncias que compõem a isca granulada exercem grande atração para as formigas cortadeiras (Boaretto & Forti, 1997).

As formigas cortadeiras ao transportarem as iscas granuladas para o interior da colônia “lambem” os pellets e ingerem pequenas quantidades de partículas com inseticida, ocorrendo a intoxicação por ingestão e, provavelmente, por pequena ação de contato (Boaretto & Forti, 1997).

Apesar de inúmeros estudos sobre esses insetos sociais, novas descobertas originais sobre a biologia do comportamento das formigas são regularmente divulgadas na literatura, evidenciando uma grande diversidade dos seus padrões de organização social (Hölldobler & Wilson, 1990; Passera & Aron, 2005). Conhecer a biologia e o comportamento dessa espécie permite que sejam adotadas técnicas de controle mais eficientes e adequadas.

O presente estudo propôs verificar a ocorrência de diferenças nos atos comportamentais por operárias submetidas ao fluxo de odor atrativo.

2 Material e Métodos

Para a descrição da resposta comportamental das operárias submetidas ao fluxo de odor atrativo foram utilizadas três colônias de *Atta sexdens*

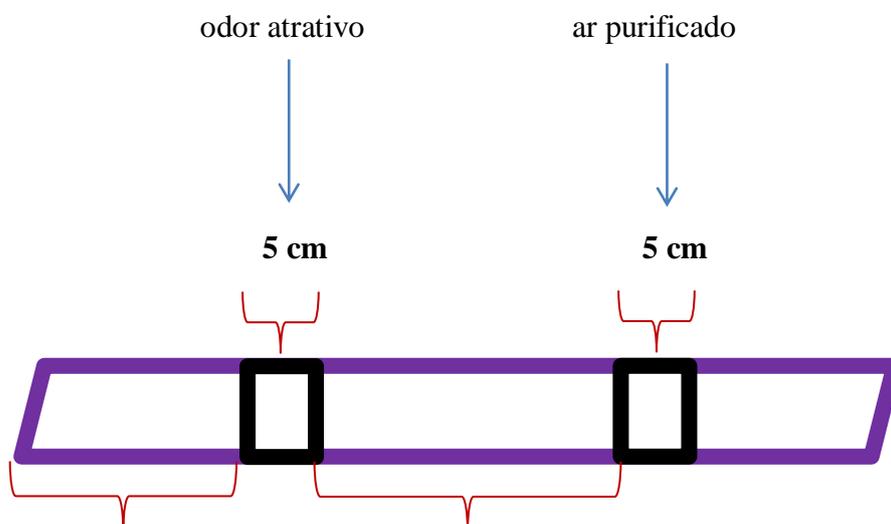
rubropilosa (Hymenoptera, Formicidae) mantidas em condições laboratoriais a 24° C e umidade relativa aproximada de 70%.

A avaliação do comportamento de *Atta sexdens rubropilosa*, quanto à atração ou indiferença ao odor, foi realizado através da utilização de olfatômetro, no qual foi ejetado ar forçado a 0,4 L/min, contendo voláteis em direção as trilhas artificiais.

A arena de forrageamento foi substituída antes dos experimentos por bandejas de polipropileno com 40 cm de largura por 60 cm de comprimento, contendo ®Fluon nas bordas para impedir a fuga das formigas.

A arena de forrageamento e a colônia foram interligadas através de uma passarela de vidro de quatro (4) mm de espessura, sessenta e três (63) cm de comprimento e três (3) cm de largura, denominada de trilha artificial. Uma das extremidades da régua foi conectada na entrada do recipiente contendo o fungo e a outra extremidade na arena de forrageamento que continha uma rampa de vidro de 5 cm de comprimento, que permitia o acesso das formigas contendo o material vegetal a ser cortado.

Na trilha artificial foi demarcada uma faixa de cinco (5) cm de largura, vinte (20) cm depois da entrada do ninho para avaliação dos comportamentos submetidos ao fluxo de odor e trinta e cinco (35) cm depois da entrada do ninho para avaliação dos comportamentos submetidos ao ar purificado, sendo as duas marcações equidistantes dez (10) cm. Perpendicularmente a trilha artificial foi ejetado o fluxo de odor na distância de oito (8) cm e oito (8) mm acima do nível da régua.



20 cm

10 cm

Figura 1: Desenho esquemático da passarela de vidro utilizada nos testes de atratividade de operárias de *Atta sexdens rubropilosa*

O sistema foi confeccionado de uma bomba de ar, filtro de carvão ativado, kitassato contendo 500 ml de água, fluxômetro, canais de condução do ar, recipientes contendo odor e ar purificado e ponteiros para ejetar o odor em direção á trilha.

A corrente de ar ambiente bombeado no sistema foi de 0,4 litros/minuto (L/min). O ar bombeado foi limpo ao passar pelo carvão ativado e água, para que dessa forma não ocorresse nenhum estímulo secundário que modificasse a resposta das operárias. Posteriormente, essa corrente de ar passou pelos fluxômetros e recipientes contendo os odores e/ou ar purificado, sendo então conduzida perpendicularmente na trilha através de uma ponteira de pipeta, formando um fluxo de ar em forma de cone. A emissão dos voláteis e ar purificado na trilha foram constantes durante cada sessão de observação.



Figura 2: Olfatômetro e trilha artificial do sistema usado para a quantificação dos atos comportamentais para *Atta sexdens rubropilosa* Forel 1908.(Fonte: arquivo pessoal Tierla Schussler Barros)

O material contendo odor foi confeccionado diariamente e antes do início das avaliações para não perder o odor. Este foi confeccionado de polpa de laranja desidratada e moída e água destilada, na proporção de 70 e 30 % respectivamente.

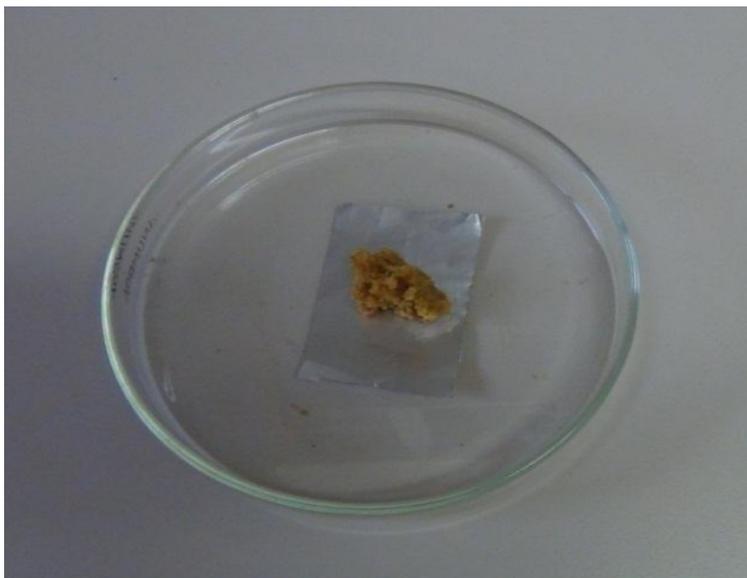


Figura 3: Pasta formada pela polpa de laranja e água destilada (Fonte: arquivo pessoal Tierla Schussler Barros)

Foram fornecidas folhas de *Acalypha sp.*, casca de laranja, aveia, milho as colônias como fonte de alimentação.

Foram feitas 30 horas iniciais de observações qualitativas com amostragens de todas as ocorrências (*ad libitum*, Altmann, 1974) para a descrição das principais categorias comportamentais e elaboração do catálogo comportamental das operárias e 60 horas de observações quantitativas, utilizando o método de varredura (*scanning sample*, Altmann, 1974) para a quantificação dos atos comportamentais. Durante um período de cinco minutos anotaram-se todos os comportamentos de cada indivíduo da colônia. Após um intervalo de um minuto, repetia-se a observação, totalizando 60 sessões de 1 hora de observações, totalizando 84382 registros. Após cada sessão a régua de vidro era substituída e limpa com acetona, para evitar possíveis tendências das operárias devido a influência do feromônio de marcação de trilha. Cada uma das três colônias estudadas em laboratório foi observada por 40 horas. As observações foram registradas por filmadora marca Sony e os vídeos foram analisados através do programa VirtualDubMod versão 1.5.10.2.

Os resultados obtidos para cada grupo foram comparados por meio do teste do Chi-quadrado e o programa utilizado foi o Bioestat.

3 Resultados e Discussão

Foram registrados 20 atos comportamentais, distribuídos em seis (6) categorias e 84382 registros.

3.1 Agrupamentos dos atos comportamentais

Os atos comportamentais foram agrupados em seis (6) categorias distintas descritas abaixo:

3.1.1 Limpeza do corpo

a) **Limpar o primeiro par de pernas com o aparelho bucal:**

As operárias durante o percurso sobre a trilha artificial esfregavam o primeiro par de pernas nas peças bucais por várias vezes, após continuavam o percurso sobre a trilha artificial até a arena de forrageamento.

Resultados semelhantes foram encontrados por Andrade (2010) com *Dinoponera quadriceps* (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae), na qual as formigas levam uma das pernas do primeiro par até a boca entre as mandíbulas.

Vieira (2008) estudando a formiga *Ectatomma vizotti* Almeida, 1987, também observou que os indivíduos esfregavam o primeiro par de pernas nas peças bucais e, em seguida, esfregava na cabeça e nas antenas, desde a porção proximal até a distal e, esfregava novamente nas peças bucais.

b) **Auto limpeza com o 2º par de pernas:** comportamento executado de forma semelhante à auto limpeza do 1º par de pernas. Este par de pernas também foi utilizado para limpeza do abdome.

O segundo comportamento de auto limpeza mais executado por operárias, rainhas e ginas, sendo que as operárias executaram mais frequentemente foi catalogado por Vieira (2008), como também executado em *E. edentatum* (Antonialli-Junior & Gianotti, 2002).

c) **Auto limpeza do abdome:** comportamento executado pelas operárias, onde o 2º par de pernas era utilizado para limpeza do abdome. Esse comportamento também foi executado por formigas do gênero *Ectatomma*, no entanto essa formiga utilizou o 3º par de pernas para a limpeza do abdome, encurvando a parte anterior do corpo sobre a parte posterior, assumindo uma posição de “C”, suspenso pelos dois

primeiros pares de pernas e usando o 3º par para esfregar cada lado do abdome (Vieira, 2008).

d) **Limpar a antena nas peças bucais:** as operárias esfregavam as antenas nas peças bucais desde a porção proximal até a porção distal em movimento bidirecional.

e) **Limpar a antena no 1º par de pernas:** comportamento semelhante ao anterior, onde as operárias passavam a antena no 1º par de pernas por várias vezes, desde a porção proximal até a porção distal. Esse comportamento era executado após o comportamento de levantar as antenas quando as operárias passavam pelo fluxo de odor.

3.1.2 Alimentação

a) **Lamber a superfície do vidro:** Atividade executada pelas operárias em frente ao fluxo de odor durante o percurso na trilha de vidro. Com suas mandíbulas abertas esfregavam as peças bucais nas paredes do vidro, movimentando-as para frente e para trás, em sentido de vai e vem em relação ao corpo. Foi observado que as operárias também esfregavam as peças bucais na faixa de marcação da régua onde eram contabilizados os comportamentos.

O comportamento de lambar a superfície do vidro foi observado por Andrade, 2010. Segundo esse autor, o comportamento de lambar o chão foi observado logo após a alimentação, nos locais fora do ninho, utilizado para colocar água e alimento, onde havia restos de alimento e também onde eram depositados as excretas.

b) **Morder a superfície do vidro:** De forma semelhante a anterior, as operárias com as mandíbulas abertas tentavam cortar a superfície do vidro, abrindo e fechando as mandíbulas.

c) **Tocar aparelho bucal:** As operárias ao se encontrarem na trilha, em frente ao fluxo de odor, tocavam o aparelho bucal uma das outras. Esse comportamento, muitas vezes, era seguido do toque antenal entre os indivíduos. Não foi possível observar se neste momento era regurgitado líquido por uma operária diretamente no aparelho bucal da outra.

As operárias não permaneciam imóveis, não eram tocadas na cabeça com as antenas como sinal de solicitação de alimento e não permaneciam com as mandíbulas abertas, como constado por Vieira, 2008.

d) **Levantar as antenas:** As operárias quando passavam pelas plumas de odor levantavam as antenas e ficavam movimentando-as de um lado para outro. Algumas vezes se aproximavam da extremidade da régua em direção ao fluxo de voláteis, se apoiavam com o 3º par de pernas na régua e continuavam a movimentar as antenas por alguns segundos. Como não havia nenhum material atrativo o qual pudessem cortar e carregar para o ninho, as operárias paravam de executar este comportamento e continuavam o percurso pela trilha em direção a arena de forrageamento.

Romero (2002) observou que, após o corte foliar, algumas formigas que estavam próximas das plantas que sofreram dano, se deslocaram até o dano e antenavam, concluindo que tanto folhas novas quanto velhas, quando cortadas, recrutam mais formigas do que as respectivas folhas que não sofreram dano. Entretanto, as formigas responderam numericamente mais nas folhas novas do que nas velhas, podendo segundo o autor ser explicado pelo fato de folhas novas serem portadoras de voláteis e quando estas sofrem danos, dissipariam no ar os voláteis e poderiam estimular as formigas. Esse mesmo autor em seu estudo mostrou que as formigas respondem após a exposição de solução de folhas da planta hospedeira, indicando que são induzidas a recrutar sob estímulos de voláteis químicos.

Agrawal (1998) demonstrou que as formigas que vivem em plantas cujas folhas foram previamente danificadas recrutam mais rapidamente do que aquelas que vivem em plantas que não sofreram danos, sugerindo a existência de uma memória das formigas em relação aos voláteis da planta. Extratos de folhas novas induzem com maior intensidade o recrutamento das formigas em relação ao extrato de folhas velhas.

3.1.3 Comunicação

a) **Tocar as antenas:** as operárias que iam e retornavam da trilha artificial, aproximavam-se umas das outras e com as antenas voltadas para cima em relação ao corpo, estendiam-nas a frente tocando uma à outra para reconhecê-la ou informá-la. Vieira (2008) descreve que o comportamento de tocar as antenas tem o papel de receber informação, ao invés de enviá-la.

Contatos táteis podem constituir um elemento importante na comunicação, embora eles sejam inevitavelmente limitados a interações entre duas ou apenas alguns indivíduos. Um exemplo muito comum de comunicação tátil é encontrada na antenação e na higiene entre companheiras. Também a troca de material líquido via

trofalaxis é amplamente baseado em interações táteis principalmente com as antenas e as pernas dianteiras envolvidas (Lenoir & Jaisson 1982).

O comportamento de antenação é considerado um papel básico da organização da colônia, conhecido como a complexa “linguagem antenal” por Wasmann (1895). As formigas antenam suas companheiras para reconhecê-las e não para informá-las (Hölldobler & Wilson, 1990).

Carlos (2008) em estudo sobre a influência da polpa cítrica, do óleo e de fungos filamentosos na atratividade de iscas tóxicas a *Atta sexdens rubropilosa* constatou que quando as operárias chegavam a fonte aonde o material provavelmente atrativo se encontrava, exploravam as placas que continham as iscas. No momento em que as operárias tem contato com o material considerado atrativo, elas carregam esses substratos e recrutam outras operárias por meio de trilhas e odor produzida por glândulas presente no abdome, contatos antenais entre as operárias e aumento no número de operárias após as escoteiras retornarem a colônia, indicando que as formigas ao tocar a antena uma da outra repassam alguma informação sobre uma nova fonte de recurso.

b) **Marcar trilha:** As operárias marcavam a trilha artificial ao saírem do ninho em direção á arena de forrageamento e quando retornavam, carregando ou não folhas. O comportamento consiste na marcação da trilha artificial por feromônio de trilha, na qual a operária a marcava arrastando ou batendo o gáster na superfície do vidro.

Os dados corroboram com Mariconi et al (1981) que relata que quando as formigas encontram uma fonte de material que desejam, as primeiras carregadeiras o pegam e retornam ao ninho, mas batem a ponta de seus abdomes no solo e depositam o feromônio a intervalos regulares de 2 ou 3 mm. As outras operárias seguem o caminho para o alimento e carregam-no aos pedaços. As formigas detectam o carreiro Tateando o solo com as antenas, reforçam-no marcando-o frequentemente enquanto voltam para o ninho.

Resultados semelhantes também foram observados por Azevedo (2009), concluindo que no gênero *Dinoponera* a marcação química era realizada esfregando a parte ventro-anterior e ventro-posterior do abdome no substrato.

c) **Antenar a superfície do vidro:** As operárias ao saírem do ninho para forragear tocavam a superfície do vidro com as antenas voltadas para frente de modo a orientar-se na trilha.

d) **Tocar antena nas pernas de outras operárias:** O comportamento de tocar com a antena nas pernas das outras operárias era realizado durante o percurso da trilha. Durante o percurso as operárias se aproximavam umas das outras e com as antenas tocavam as pernas das companheiras que estavam à frente.

Segundo Azevedo (2009) duas ou mais operárias, de uma mesma colônia, ao se encontrarem apresentavam o toque das pernas ou antenas.

3.1.4 Defesa

a) **Dobrar o gáster:** as operárias curvam o gáster ventralmente em relação a parte posterior do corpo enquanto permanecem com as mandíbulas abertas. Este comportamento foi executado quando as operárias passavam umas pela outras em frente ao fluxo de odor ou quando havia interferências do observador. Paiva (1997) descreveu este comportamento para *D. australis* como exibição do gáster.

b) **Abrir aparelho bucal:** As operárias quando se encontravam no percurso da trilha ou passavam pelo fluxo de odor abriam as mandíbulas com a cabeça erguida. Esse comportamento foi executado quando havia alguma influência do observador durante a quantificação do ato comportamental ou havia alguma interferência externa.

3.1.5 Exploração:

a) **Parar em frente às plumas de odor:** as operárias permaneciam com a cabeça e as antenas elevadas, movimentando-as de um lado a outro, mantendo-se imóveis por alguns segundos em frente ao fluxo de odor. Investigando o comportamento da atividade forrageira em *Dinoponera quadriceps*, verificou-se que as operárias permaneceram imóveis, podendo ocorrer movimento das antenas de um lado para o outro, bem como direcionar a cabeça no sentido vertical (Azevedo, 2009).

b) **Virar em direção as plumas de odor:** Ao passarem pelo fluxo de odor, as operárias se deslocavam para a extremidade da régua, de frente para o fluxo.

3.1.6 Outros

a) **Levantar a cabeça:** Quando as operárias percebiam os voláteis movimentavam as antenas de um lado para o outro e, em seguida elevavam a cabeça, como se estivessem procurando algo. O comportamento de levantar a cabeça era realizado sempre com o movimento das antenas, mas o contrário não ocorria.

b) **Levantar o corpo:** Comportamento similar ao anterior, porém além dos movimentos relatados para o comportamento levantar a cabeça, as operárias paravam na trilha e levantavam seu corpo em relação a superfície da régua, permanecendo apenas com o 3º par de pernas fixados na trilha e, os outros dois, ficavam suspensos no ar. O comportamento de levantar o corpo era realizado juntamente com o ato de levantar a cabeça e movimento das antenas.

c) **Ir e voltar em frente às plumas de odor:** As operárias ao perceberem os voláteis, percorriam na trilha em sentido de vai e vem, dentro da faixa de 5 cm estabelecida para quantificar os atos comportamentais e, onde o fluxo de odor era ejetado.

Os resultados obtidos na tabela abaixo permitem confirmar a hipótese de que existem diferenças nos repertórios comportamentais das operárias submetidas ao fluxo de odor atrativo. As categorias com maior ocorrência de comportamento quando as operárias foram submetidas ao odor foram: antenar a superfície do vidro, marcar trilha e tocar a antena uma operária com a outra.

Os resultados demonstraram que as operárias de *Atta sexdens rubropilosa* desempenham comportamentos acima do esperado quando percebem voláteis atrativos. Os comportamentos levantar a cabeça, levantar as antenas, antenar a superfície do vidro, marcar trilha, virar em direção as plumas de odor, parar em frente as plumas de odor e ir e voltar em frente as plumas de odor, são comparativamente e significativamente mais desempenhados pelos voláteis de polpa de laranja que os comportamentos no tratamento contendo somente ar purificado (tratamento controle).

Os comportamentos levantar o corpo, limpar a antena no 1º par de pernas, abrir o aparelho bucal, cortar a superfície do vidro, lambe a superfície do vidro, tocar com a antena nas pernas das outras operárias, curvar o gáster, limpar o 1º par de pernas no aparelho bucal, passar o 2º par de pernas no abdome, passar a antena no aparelho bucal e passar o 2º par de pernas no aparelho bucal não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (odor x controle).

Tabela 1: Repertório comportamental das operárias de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera, Formicidae) submetida a voláteis atrativos em condições de laboratório (120 horas de observações quantitativas).

ATOS	NINHO 1		P	NINHO 2		P	NINHO 3		P
	Odor	Controle		Odor	Controle		Odor	Controle	
Alimentação									
LA	8,75	2,62	*0,0001	6,40	2,31	*0,0001	5,91	2,85	*0,0001
LV	0,54	0,82	0,6547	0,08	0,11	0,4913	0,34	0,42	0,9324
CV	0,24	0,18	0,0182	0,06	0,02	0,1480	0,11	0,07	0,0555
TAB	1,90	0,11	*0,0001	1,72	1,01	0,0002	1,75	1,11	*0,0001
Comunicação									
TA	6,74	5,19	*0,0001	6,16	5,75	0,9540	5,93	5,92	*0,0001
TAP	0,15	0,25	0,5791	0,14	0,15	0,7150	0,10	0,14	0,7576
AV	33,48	43,99	*0,0001	37,35	46,73	*0,0001	38,10	42,77	*0,0001
MT	33,24	40,88	*0,0001	31,81	38,10	*0,0001	34,92	38,91	*0,0001
Exploração									
VDO	4,13	0,60	*0,0001	2,58	0,63	*0,0001	3,52	2,02	*0,0001
PFO	2,68	0,49	*0,0001	3,30	0,95	*0,0001	1,92	0,58	*0,0001
Defesa									
AAB	0,17	0,27	0,7928	0,38	0,26	0,2113	0,09	0,06	0,0588
CG	0,09	0,01	0,0005	0,01	0,01	1,0000	0,00	0,09	----
Limpeza do corpo									
LPPAB	0,01	0,02	1,0000	0,01	0,01	1,0000	0,01	0,01	0,5599
LPPP	0,88	1,21	0,7647	1,07	1,09	0,4982	0,81	0,97	0,6969

PPPA	0,02	0,03	1,0000	0,01	0,01	1,0000	0,00	0,01	1,0000
PAAB	0,02	0,03	1,0000	0,01	0,01	1,0000	0,01	0,01	0,6536
PPPAB	0,02	0,02	0,6536	0,01	0,01	1,0000	0,00	0,01	1,0000
Outros									
LCA	3,76	2,08	*0,0001	5,26	1,48	*0,0001	3,43	2,08	*0,0001
LCO	0,53	0,51	0,0192	0,44	0,32	0,2513	0,76	0,84	0,2418
IVO	2,65	0,70	*0,0001	3,19	1,04	*0,0001	2,27	1,16	*0,0001

Os asteriscos (*) indicam diferença significativa entre odor e controle (teste Qui-Quadrado, $p < 0,05$).

Os comportamentos observados foram realizados em condições de laboratório, em ambiente controlado, somente na percepção de odor em um local determinado na trilha, com fluxo de ar direcionado na trilha, no entanto, até o momento não havia nenhum estudo neste sentido. Portanto os comportamentos amostrados nesta espécie indicam que as formigas cortadeiras do gênero *Atta* ao perceber a fonte de odor atrativa exibem comportamentos diferenciados, porém apresentam algumas especificidades, pois mesmo percebendo o odor depois de algum tempo sendo submetidas ao fluxo e na impossibilidade de tocar o material com as antenas, percorriam pela trilha em direção à arena de forrageamento. Os dados corroboram com o comportamento também observado por Carlos (2008) na qual observou que na trilha de forrageamento as operárias exibiam movimentos antenais para baixo e para cima, durante a locomoção, em atividade exploratória em direção ao material ofertado tanto em campo como laboratório. Contudo, quando estas operárias chegavam na fonte, no campo, aonde o material provavelmente atrativo se encontrava, exploravam as placas que continham as iscas, visto a impossibilidade de carregar, ou se alimentar de tal fonte elas abandonavam o local e buscavam outro substrato para forragear.

No presente estudo os atos comportamentais de comunicação, alimentação e exploração foram as categorias com maior número de registros. Em etogramas realizados para diferentes espécies de formigas os atos comportamentais de exploração, limpeza e alimentação são categorias mais observadas (Wilson, 1976; Brandão, 1983; Del-Claro et al, 2002)). Estudos realizados com *Zacryptocerus varians* (FR. Smith) por Wilson, 1976 com a formiga arborícola neotropical, as categorias mais frequentes foram as de limpeza e alimentação.

Os dados do presente estudo permite evidenciar que quando um material considerado atrativo as formigas cortadeiras é percebido pelas operárias, estas em sinal positivo a esta atração exibem comportamentos como levantar as antenas, parar em frente ao odor, virar em direção ao odor e ir e voltar em direção as plumas de odor.

4 Referências

- ANTONIALLI-JUNIOR, W. F. & GIANNOTTI, E. 2002. Division of labor in *Ectatomma edentatum* (Hymenoptera, Formicidae). **Sociobiology**, v. 38, n. 3, p.1-27.
- AGRAWAL, A. A. 1998. Leaf damage and associated cues induce aggressive ant recruitment in a neotropical ant-plant. **Ecology** **79**: 2100-2112.
- ALTMANN, J. 1974. Observational study of behaviour: sampling methods. **Behaviour** **48**: 227- 267.
- ANDRADE, A. C. da Silva. 2010. **Aspectos da ecologia comportamental de *Dinoponera quadriceps* (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae)** / Andreza Cristina de Silva Andrade. São Cristóvão, 2010. 80.: il. Dissertação de mestrado em Ecologia e Conservação- Núcleo de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Sergipe, 2010.
- AZEVEDO, D. L. Oliveira de. **O papel das rotas e da obtenção informações sobre a eficiência no forrageio de *Dinoponera quadriceps* em ambiente natural**. Natal, RN, 2009, 84 f. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Biociências.
- BARRER, P. M.; CHERRETT, J. M. 1972. Some factors affecting the site and pattern of leaf- cutting activity in the *Atta cephalotes* L. **Journal of Entomology**, v. 47, p. 15-27.
- BRANDÃO, C. R. F. 1978. Division of labor within the worker caste of *Formica perpilosa* Weeler (Hymenoptera, Formicidae). **Psyche** **85**: (2-3): 229-237.
- BRANDÃO, C.R.F., 1983. Sequential ethograms along colony development of *Odontomachus affinis* Guerin (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae). **Soc. Insects**, v. 30, p. 193-203
- BOARETTO, M. A.; FORTI, L. C. 1997. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 31-46.
- CARLOS, AMANDA APARECIDA. **Influência da polpa cítrica, do óleo, de fungos filamentosos na atratividade de iscas toxica a *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera:**

Formicidae) / Amanda Aparecida Carlos. – Botucatu: (s.n.), 2008. Vi, 82 f.: il., tabs. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008.

DEL-CLARO, K.; J. C. SANTOS & A. S. J. DURÃES. 2002. Etograma da formiga arborícola *Cephalotes pusillus* (Klug, 1824) (Formicidae: Myrmicinae). **Revista de Etologia** 4 (1): 31-40.

HÖLDOBLER, B. 1974. Communication during foraging and nest-relocation in the African Stink ant, *Paltothyreus tarsatus* Fabr. (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae). **Zeitschrift für Tierphysiologie** 65 (11): 40-52.

HÖLDOBLER, B. & WILSON, E. O. 1990. **The ants**. Ed. Spring-Vierlag, Berlim. 732p.

LENOIR, A. & P. JAISSON. 1982. Evolution et rôle des communications antennaires chez les insectes sociaux. In: P. Jaisson , Ed, Social insects in the tropics. **Université Paris-Nord, Paris. 1.** 157-180.

MARICONI, F. DE A. M.; FILHO, J. M. DE A. M.; MORAES, T. S. DE A. 1981. Reunião técnica sobre: “Formigas cortadeiras em povoamentos florestais”. IPEF- Série Técnica, v. 2, nº 7, p 1- 29, Piracicaba.

PAIVA, R. V. S., 1997. **Organização social de *Dinoponera australis* Emery (Hymenoptera: Formicidae)**. Tese de doutorado, Departamento de Zoologia de Biociências da USP.

PASSERA, L. & ARON, S. 2005. *Les Fourmis. Comportement, organization sociale et évolution*. **Ottawa: Les presses Scientifiques du CNRC**, 2005. 480p.

ROMERO, G. Q. 2002. Danos foliares induzem recrutamento de formigas habitantes de domáceas em *Hirtella myrmecophylla* (Chrysobalanaceae) na Amazônia Central. - Adam Ana Maria Daniel Elaine Felipe, 2002 - pdfff.inpa.gov.br

VIEIRA, A. S. **Estudos ecológicos e etológicos da formiga *Ectatomma vizotti* Almeida, 1987 (Hymenoptera: Ectatomminae)**. Alexsandro Santana Vieira. – Dourados-MS, 2008, 122p. Tese de Doutorado- Universidade Federal Grande Dourados, 2008.

WASMANN, E. ZUR KENNTNIS SCHWIERIGER. 1985. Thorictus-Arten. Deutsche Entomologische, Zeitschrift, v. 39, n. 1, p. 41-44.

WILSON, E. O. 1971. **The insect societies**. Belknap press, Harvard Uni. Mass.

WILSON, E. O. 1976. A social ethogram of the Neotropical arboreal ant *Zacryptocerus varians* (FR. Smith). **Animal Behaviour**, 24: 354-363.

CAPITULO II: ALTERAÇÃO COMPORTAMENTAL NA PERCEPÇÃO DE ODORES REPELENTES POR OPERÁRIAS DE *Atta sexdens rubropilosa* (HYMENOPTERA, FORMICIDAE)

1 Introdução

As formigas cortadeiras do gênero *Atta* e *Acromyrmex* são consideradas uma ameaça para a agricultura brasileira (Wilson, 1980). Embora estas formigas sejam altamente polípagas, algumas plantas escapam de seu ataque. Esta resistência aparente pode ser devido à presença de metabólitos secundários, tais como os taninos e terpenóides que são tóxicos para a simbiose formiga-fungo. Assim dependendo do tipo de substância envolvida presente no vegetal, esta pode funcionar apenas como repelente ou com efeito tóxico. Os compostos do metabolismo secundário das plantas constituem uma das principais causas da rejeição de vegetais no campo pelas formigas cortadeiras (Hubell e Wiemer, 1983).

A composição qualitativa e quantitativa de substâncias químicas secundárias, não participantes dos processos metabólicos das plantas, tais como glicosídeos, alcalóides, terpenóides, fenólicos, óleos essenciais, dentre outros podem ser responsáveis pela preferência ou rejeição das formigas cortadeiras por substratos vegetais (Cherrett & Seaforth, 1970; Quinlan & Cherrett, 1977; Lyttledyke & Cherrett, 1978 a, b; Okunade & Wiemer, 1985 a, b).

Littleddyke & Cherrett (1978) utilizaram pela primeira vez um olfatômetro para verificar as respostas olfatórias das formigas *Atta cephalotes* e *Acromyrmex octospinosus*. Neste trabalho os autores concluíram que o estímulo gerado pelo substrato no reconhecimento da fonte alimentar pode ser dividido em 3 etapas: a) compostos químicos atrativos, que podem causar a movimentação das formigas em direção ao material a ser forrageado. O contrário ocorre com compostos repelentes, que promovem o não carregamento do material; b) compostos arrestantes, responsáveis pela parada do fluxo das formigas para uma investigação do material oferecido; c) o corte, carregamento e incorporação do material, estão na dependência do balanço de compostos repelentes e arrestantes do material.

Beck (1965) relatou que os insetos movem-se em direção a fonte de origem de atraentes químicos e se distanciam dos repelentes, parando de se movimentar quando se deparam com substâncias arrestantes.

No Brasil, muitos trabalhos têm demonstrado que as formigas selecionam plantas com compostos atrativos ou estimulantes. Porém, a presença de substâncias repelentes e/ou tóxicas às formigas ou ao fungo cultivado, pode estar mascarada. Com esta perspectiva, existem indícios de que o fator de seleção pode estar mais relacionado com a preferência da formiga à planta e não com o substrato que promove uma maior taxa de crescimento do fungo simbionte (Noronha Junior, 2006).

North et al (2000) utilizando o cariofileno sintético impregnado em iscas atrativas e em fragmentos de papel filtro em colônias de *Atta sexdens rubropilosa*, observaram que essa substância provoca repelência, alarme, “self-grooming” (auto limpeza), comportamento agonístico (abertura das mandíbulas e posição de ataque) seguido de luta entre as operárias companheiras do ninho. Estes autores levantaram a hipótese de que a substância agiria como o feromônio de alarme desencadeando a agressão. O feromônio de alarme é produzido pelas glândulas mandibulares as quais estão localizadas na base das mandíbulas, sendo liberado para fora do corpo da formiga (Hölldobler e Wilson 1990; Billen e Morgan, 1998). Esse feromônio é altamente volátil e dispersado rapidamente no ar, alertando as companheiras de algum perigo (Caetano et al. 2002).

O presente estudo propôs que há diferenças nas respostas comportamentais expressas pelas operárias de *Atta sexdens rubropilosa* na percepção de odores repelentes. Para testar tal hipótese foi verificada a ocorrência de diferenças nos atos comportamentais por operárias submetidas aos tratamentos com fluxo de odor repelente

em comparativo ao fluxo com ar purificado em trilha artificial, anotando-se os comportamentos observados simultaneamente.

2 Material e Métodos

Para a descrição da resposta comportamental foram utilizadas três colônias de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera, Formicidae) mantidas em condições laboratoriais.

A avaliação do comportamento de *Atta sexdens rubropilosa*, quanto à repelência ou indiferença ao odor, foi realizado através da utilização de olfatômetro, no qual foi ejetado ar forçado contendo voláteis em direção as trilhas artificiais.

Cada colônia foi colocada em potes de plástico, contendo camada de um centímetro de gesso no fundo para a manutenção da umidade e, interligados com tubos plásticos a dois outros recipientes sem gesso: câmara de forrageamento e de material exaurido. Apenas a arena de forrageamento foi substituída antes dos experimentos por bandejas de polipropileno com 40 cm de largura por 60 cm de comprimento, contendo ®Fluon nas bordas para impedir a fuga das formigas.

A arena de forrageamento e a colônia foram interligadas através de uma régua de vidro de quatro (4) mm de espessura, sessenta e três (63) cm de comprimento e três (3) cm de largura, denominada de trilha artificial. Uma das extremidades da régua foi conectada na entrada do recipiente contendo o fungo e a outra extremidade na arena de forrageamento que continha uma rampa de vidro de 5 cm de comprimento, que permitia o acesso das formigas contendo o material vegetal a ser cortado.

Na trilha artificial foi demarcada uma faixa de cinco (5) cm de largura, vinte (20) cm depois da entrada do ninho para avaliação dos comportamentos submetidos ao fluxo de odor e trinta e cinco (35) cm depois da entrada do ninho para avaliação dos comportamentos submetidos ao controle, sendo as duas marcações equidistantes vinte (20) cm. Perpendicularmente a trilha artificial foi ejetado o fluxo de odor na distância de oito (8) cm e oito (8) mm acima do nível da régua.

O olfatômetro foi confeccionado de uma bomba de ar, filtro de carvão ativado, kitassato contendo 500 ml de água, fluxômetro, canais de condução do ar, recipientes contendo odor e controle e ponteiros para ejetar o odor em direção á trilha.

A corrente de ar ambiente bombeado no sistema foi de 0,4 litros/minuto (L/min). O ar bombeado foi limpo ao passar pelo filtro de carvão ativado e água, para que dessa forma não ocorresse nenhum estímulo secundário que modificasse a resposta das operárias. Posteriormente essa corrente de ar passou pelos fluxômetros e recipientes contendo os odores e/ou controle, sendo então conduzida perpendicularmente na trilha através de uma ponteira de pipeta, formando um fluxo de ar em forma de cone. A emissão das plumas de odor e somente ar purificado na trilha foram constantes durante cada sessão de observação.

Folhas frescas de *Mentha sp* previamente limpas com água destilada antes do início das avaliações foram usadas como fonte de odor repelente pois os extratos de plantas ou compostos voláteis pode influenciar o comportamento alimentar de insetos e muitas plantas contêm compostos voláteis que poderão ser detectados à distância e atuar como repelentes de determinados seres vivos e que potencialmente poderão constituir pragas das plantas. Atualmente, existe grande interesse em estudar e identificar compostos que possam vir a ser utilizados na proteção de plantas. Littleddyke & Cherrett (1978) utilizaram pela primeira vez um olfatômetro para verificar a respostas olfatórias das formigas *Atta cephalotes* e *Acromyrmex octospinosus*. Neste trabalho os autores utilizaram folhas frescas de *Mentha* como substrato no reconhecimento das operárias da fonte alimentar, constatando que compostos repelentes promovem o não carregamento do material.

Foram fornecidas folhas de *Acalypha sp*, casca de laranja, aveia, milho às colônias como fonte de alimentação.

Foram feitas 30 horas iniciais de observações qualitativas com amostragens de todas as ocorrências (*ad libitum*, Altmann, 1974) para a descrição das principais categorias comportamentais e elaboração do catálogo comportamental das operárias e 60 horas de observações quantitativas, utilizando o método de varredura (*scanning sample*, Altmann, 1974) para a quantificação dos atos comportamentais. Durante um período de cinco minutos anotaram-se todos os comportamentos de cada indivíduo da colônia. Após um intervalo de um minuto, repetia-se a observação, totalizando 60 sessões de 1 hora de observações, totalizando 54870 registros. Após cada sessão a régua de vidro era substituída e limpa com acetona, para evitar possíveis tendências das operárias devido a influencia do feromônio de marcação de trilha. As observações foram registradas por

câmara marca Sony e os vídeos foram analisados através do programa VirtualDubMod versão 1.5.10.2.

Foram utilizadas três colônias em laboratório para o estudo dos atos comportamentais com material repelente e cada colônia foi observada por 40 horas.

Os resultados obtidos para cada grupo foram comparados por meio do teste do Chi-quadrado para determinar as diferenças nos repertórios comportamentais entre os voláteis. O programa utilizado foi o Bioestat.

3 Resultados e Discussão

Foram registrados 20 atos comportamentais, distribuídos em seis categorias e 54870 registros.

Os atos comportamentais foram agrupados em seis (6) categorias distintas. Os comportamentos agrupados nas categorias Limpeza do corpo, Comunicação, Exploração, Alimentação e Outros não serão aqui discutidos por terem sido expressos da mesma maneira para o material atrativo, já descritos no capítulo 1.

Os comportamentos da categoria defesa, quando as formigas foram submetidas aos odores repelentes, foram executados diferentemente da categoria defesa submetida ao fluxo de odor atrativo, sendo a única categoria com comportamentos totalmente distintos.

3.1 Defesa

a) **Levantar as antenas:** As operárias quando passavam pelo fluxo de odor levantavam as antenas e imediatamente abriam o aparelho bucal e curvavam o gáster. Durante a execução deste ato comportamental as operárias não permaneceram movimentando as antenas de um lado para outro como descrito para a substância atrativa, assim como em nenhum momento se deslocaram para a extremidade da régua em direção ao fluxo.

b) **Dobrar o gáster:** Quando as operárias passavam pelo fluxo de odor repelente, dobravam o gáster ventralmente em relação á parte posterior do corpo enquanto permaneciam com as mandíbulas abertas. Durante a execução deste comportamento

ficavam andando em zigue-zague sobre a trilha em movimento de alerta. Paiva (1997) descreveu este comportamento para *D. australis* como exibição do gáster.

c) **Abrir aparelho bucal:** As operárias quando percebiam a fonte de odor repelente levantavam as antenas, imediatamente abriam as mandíbulas e ficavam alarmadas, andando de um lado para o outro na trilha com a cabeça erguida e as mandíbulas abertas. Muitas das operárias não percorriam pela trilha em direção à arena de forrageamento, mas retornavam para o ninho, sendo percebida grande agitação dentro do ninho. Após alguns instantes as operárias retornavam a trilha em direção a arena de forrageamento. Comportamentos semelhantes foram observados por Andrade (2010) com o Gênero *Dinoponera quadriceps* (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae).

Tabela 1: Repertório comportamental das operárias de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera, Formicidae) submetida a voláteis repelentes em condições de laboratório (120 horas de observações quantitativas).

Atos	NINHO 1		P	NINHO 2		P	NINHO 3		P
	Odor	Controle		Odor	Controle		Odor	Controle	
Limpeza do corpo									
LPPAB	0,03	0,04	1,0000	0,02	0,03	1,0000	0,02	0,02	0,6536
PPPA	0,02	0,01	0,5599	0,02	0,00	-----	0,01	0,01	1,0000
PAAB	0,01	0,01	1,0000	0,02	0,03	1,0000	0,01	0,02	1,0000
LPPP	0,53	0,71	0,7103	1,61	1,81	0,0156	0,41	0,49	0,5279
PPPAB	0,01	0,01	1,0000	0,02	0,03	1,0000	0,01	0,01	1,0000
Alimentação									
CV	0,13	0,06	0,0253	0,12	0,34	0,3173	0,08	0,13	0,5637
TAB	2,79	0,26	*0,0001	1,77	0,78	*0,0001	1,62	0,70	*0,0001
LV	0,11	0,19	0,5637	0,16	0,34	0,6374	0,02	0,01	0,3063
Comunicação									
TA	7,98	5,03	*0,0001	2,05	3,92	0,4164	6,28	5,41	*0,0001
MT	34,48	39,33	*0,0001	24,87	40,74	0,2573	32,69	31,11	*0,0001
TAP	0,23	0,29	0,6682	0,28	0,38	0,5485	0,13	0,19	0,7576
AV	35,55	46,08	*0,0001	47,72	44,05	*0,0001	44,12	55,12	*0,0001
Defesa									
CG	1,77	0,54	*0,0001	2,67	0,31	*0,0001	1,13	0,12	*0,0001
LA	8,05	2,84	*0,0001	6,09	2,18	*0,0001	4,99	0,38	*0,0001

AAB	1,85	1,17	*0,0001	3,56	0,96	*0,0001	1,19	0,58	*0,0001
Exploração									
VDO	0,93	1,14	0,2827	0,80	1,23	0,6464	2,19	2,79	0,4424
PFO	0,53	0,44	0,0103	0,62	0,75	0,2164	0,59	0,42	0,0002
Outros									
LCA	4,34	1,36	*0,0001	6,76	0,82	*0,0001	3,68	1,87	*0,0001
LCO	0,46	0,29	0,0008	0,24	0,07	0,0075	0,56	0,47	0,0046
IVO	0,20	0,18	0,1824	0,62	1,23	0,5413	0,28	0,16	0,0012

Os asteriscos (*) indicam diferença significativa entre odor e controle (teste Qui-Quadrado, $p < 0,05$).

Os resultados deste estudo demonstraram que as operárias de *Atta sexdens rubropilosa* desempenham comportamentos diferenciados quando submetidas a substâncias repelentes. Os comportamentos levantar a cabeça, levantar as antenas, antenar a superfície do vidro, abrir o aparelho bucal, tocar-se aparelho bucal, curvar gáster são comparativamente e significativamente mais desempenhados pelos voláteis de folhas de *Mentha sp* que os comportamentos desempenhados no tratamento somente ar purificado (tratamento controle).

Os comportamentos abrir o aparelho bucal, tocar-se aparelho bucal, curvar gáster não foram significativos quando as operárias foram submetidas ao odor atrativo, portanto indicam que os voláteis de *Mentha sp* provocam um efeito de repelência nas formigas, já que abrir o aparelho bucal e curvar o gáster são comportamentos de alarme executados pelas operárias.

Os comportamentos levantar o corpo, marcar trilha, tocar-se as antenas, limpar a antena no 1° par de pernas, virar em direção as plumas de odor, parar em frente as plumas de odor, cortar a superfície do vidro, lamber a superfície do vidro, ir e voltar em frente as plumas de odor, tocar com a antena nas pernas das outras operárias, limpar o 1° par de pernas no aparelho bucal, passar o 2° par de pernas no abdome, passar a antena no aparelho bucal e passar o 2° par de pernas no aparelho bucal não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (odor x controle). No presente estudo foi observado que os comportamentos levantar as antenas, virar em direção as plumas de odor, parar em frente as plumas de odor e ir e voltar em frente as plumas de odor não foram significativos na percepção do odor repelente, mas o foram quando as operárias percebem o odor atrativo de polpa de laranja, indicando que esses comportamentos são executados pelas operárias quando reconhecem um material atrativo. Quando um substrato repelente é percebido pelas operárias os comportamentos expressados são curvar o gáster, abrir o aparelho bucal e tocar umas as outras com o aparelho bucal.

North et al (2000) utilizando o cariofileno sintético impregnado em iscas e em fragmentos de papel filtro em colônias de *Atta sexdens rubropilosa*, observaram que essa substância provoca repelência, alarme, “self-grooming” (auto limpeza), comportamento agonístico (abertura das mandíbulas e posição de ataque) seguido de luta entre as operárias companheiras do ninho. Estes autores levantaram a hipótese de que a substância agiria como o feromônio de alarme desencadeando a agressão. O feromônio de alarme é produzido pelas glândulas mandibulares as quais estão localizadas na base das

mandíbulas, sendo liberado para fora do corpo da formiga (Hölldobler e Wilson 1990; Billen e Morgan, 1998). Esse feromônio é altamente volátil e dispersado rapidamente no ar, alertando as companheiras de algum perigo (Caetano et al. 2002). O feromônio de alarme, que desencadeia o comportamento de defesa na colônia, é composto por substâncias voláteis, principalmente heptanonas e octanonas (Moser et al, 1968, Crewe & Blum, 1972). Quando uma formiga é alarmada, ela libera uma pequena quantidade deste feromônio, que provoca de imediato um aumento na taxa de locomoção e a abertura das mandíbulas das companheiras ao redor e, numa segunda etapa, o recrutamento de novas formigas para a defesa da colônia.

Marsaro JR. et al (2004), em estudos com a mesma espécie de formiga, utilizando o β - eudesmol extraído de folhas de *Eucalypto maculata* e impregnado em fragmentos de papel filtro, também encontraram o mesmo comportamento agressivo entre as operárias do ninho. Segundo estes autores as formigas tocam com antenas o papel filtro impregnado, caminha sobre o papel de filtro e limpa antenas e tarsos com as mandíbulas. As formigas se comportam como se alarmada, exibindo as mandíbulas abertas.

Marinho (2006) estudando seis espécies constatou que as formigas exibiram comportamentos distintos quando exposta ao β - eudesmol. As formigas de *Atta* spp elucidaram comportamentos agressivos, reação de alarme, abrindo as mandíbulas e elevando as antenas.

4 Referências

- ALTMANN, J. 1974. Observational study of behaviour: sampling methods. **Behaviour** **48**: 227- 267
- ANDRADE, A. C. da Silva. 2010. **Aspectos da ecologia comportamental de *Dinoponera quadriceps* (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae)** / Andreza Cristina de Silva Andrade. São Cristóvão, 2010. 80.: il. Dissertação de mestrado em Ecologia e Conservação- Núcleo de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Sergipe, 2010.
- BECK, S. D., 1965. Resistance of plants to insects. **Annual Review Entomology**, v. 10, p. 207-232
- BILLEN, J.; MORGAN, D. 1998. **Pheromone communication in social insects: sources and secretions**. In Vander Meer, R.K. (ed), Pheromone communication in social insects. Boulder: Westview, pp. 3-33.
- CAETANEO, F.H.; JAFFÉ, K.; ZARA, F.J. 2002. **Formigas: biologia e anatomia**, Caetano, F.H. Rio Claro.
- CHERRETT, J. M.; SEAFORTH, C. E. 1970. Phytochemical arrestants for the leaf-cutting ants, *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich), with some notes on the ants' response. **Bulletin of Entomological Research**, Canterbury, v. 59, p. 615-25.
- CREWE, R. M. & BLUM, M. S. 1972. Alarm pheromones of the Attini: their phylogenetic significance. **J. Insect Physiology**, 18(1): 31-42.
- HÖLDOBLER B & WILSON, E. O. 1990. **The ants**. Ed, Spring-Vierlag, Berlim. 732 p.
- LITTLEDYKE, M; CHERRETT, J. M. 1978a. Defense mechanisms in young and old leaves against cutting by the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Hymenoptera: Formicidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 68, p. 263- 271.

LITTLEDYKE, M.; CHERRETT, J.M. 1978b. Olfactory responses of the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Hymenoptera: Formicidae) in the laboratory. **Bulletin of Entomological Research**, v.68, p.273-28.

MARINHO, C. G. S. **Resposta comportamental de formigas cortadeiras ao sesquiterpeno β - eudesmol** / Cidalia Gabriela Santos Marinho. – Viçosa:UFV, 2006. X. 63 f. : il; 29 cm.

MARSARO, J. R. A. L.; SOUZA, R. C.; DELLA LUCIA, T. M. C.; FERNANDES, J. B.; SILVA, M. F. G. F.; VIEIRA, P. C. 2004. Behavioral changes in workers of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* induced by chemical components of *Eucalypto maculata* leaves. **Journal of chemical Ecology**, v. 30, n. 9, p. 1771-1780.

MOSER, J. C.; BROWNLEE, R. C. & SILVERSTEIN, R. 1968. Alarm pheromones of the *Atta texana*. **J. Insect Physiology**, 14(4): 529-535.

NORTH, R.D.; HOUSE, P.E.; JACKSON, C.W. 2000. Agonistic behavior of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* elicited by caryphyllene. **Journal of Insect Behavior**, v. 13, n. 1, p. 1-13.

NORONHA JUNIOR, NEWTON CAVALCANTI. **Interferência dos fatores físicos, químicos e do desenvolvimento do fungo simbiote da *Atta sexdens rubropilosa*: Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) na seleção de substratos e localização da desfolha**. Dissertação mestrado – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciência Agronômicas, Botucatu, 2006. vii, 70f.

OKUNADE, A. L.; WIEMER, D. F. 1985a. Ant-repellent sesquiterpene lactones from *Eupatorium quadrangulare*. **Phytochemistry**, v. 24, n. 6, p. 1199-201.

OKUNADE, A. L.; WIEMER, D. F. 1985b. Jacquininic acid, an ant-repellent compound from *Jacquinia pungens*. **Phytochemistry**, v. 24, n. 6, p. 1203-5.

PAIVA, R. V. S. 1997. **Organização social de *Dinoponera australis* Emery (Hymenoptera: Formicidae)** Tese. Departamento de Zoologia de Biociências da USP.

QUINLAN, R. J.; CHERRETT, J. M. 1977. The role of substrate preparation in the symbiosis between the leaf-cutting ant *Acromyrmex octospinosus* (Reich) and its food fungus. **Ecological Entomology**, v. 2, n. 2, p. 161-170.

WILSON, E. O. 1980. Caste and division of labor in leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae: Atta). I. The overall pattern in *Atta sexdens*. **Behavioral Ecology and Sociobiology** 7, 143–156.

CAPITULO III – RESPOSTA DE OPERÁRIASS DE *Atta sexdens rubropilosa* (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) QUANTO A DISTÂNCIA DA FONTE DE ODOR

1 Introdução

As plumas de odor apresentam estruturas complexas e muito parecidas com o observado em plumas de fumaça que como um todo vaga aparentemente de forma aleatória, em uma área ampla. Muitas espécies de insetos têm um comportamento que lhes permite acompanhar as plumas de odor à sua origem e, desta forma, encontrar companheiros ou recursos distantes (Murlis et al, 1992).

Plumas de odor são criadas quando as moléculas são liberadas a partir de sua fonte e são levados pelo vento. À medida que a nuvem de moléculas afasta-se a partir da fonte, ela se expande e a concentração média de moléculas dentro da nuvem diminui (Murlis et al, 1992).

Quanto ao comportamento dos insetos quando submetidos às plumas de odor a maioria dos exemplos são de orientação por insetos voadores, que implica a difícil tarefa de detectar a direção do vento enquanto estiver no ar. A maioria das evidências sobre esse fenômeno tem sido observado na atração de mariposas do sexo masculino pelo feminino (Murlis et al, 1992).

Pesquisas sobre a comunicação através da percepção de odores têm implicações práticas importantes, como por exemplo, os feromônios de muitas espécies de

pragas importantes terem sido identificados, sintetizados e formulados para uso em programas de manejo de pragas, e serem amplamente utilizados em armadilhas para monitoramento da população (Justum & Gordon, 1989; Ridgway et al. 1990). Pesquisas com a utilização de micro porta iscas no controle de formigas cortadeiras são realizadas com o intuito de garantir sua atratividade e qualidade. As formigas cortadeiras são atraídas por odores provenientes de diferentes materiais utilizados na fabricação das iscas (Littledyke e Cherrett, 1978). Determinadas películas possuem a característica de serem permeáveis aos odores e essas formigas podem perceber os odores difundidos das iscas (Cherrett, 1968).

As formigas cortadeiras exploram uma série de plantas, exibindo preferências (Cherrett, 1968), sendo que as espécies introduzidas são particularmente suscetíveis (Forel, 1928).

Com o objetivo de testar a atratividade de várias substâncias químicas, vários tipos de olfatômetros ou arenas são construídos, onde se cria uma corrente de ar que transporta os voláteis a serem avaliados e, são utilizados para investigar o comportamento de diversos animais. Os aparelhos montados diferem-se de acordo com o tipo de animal e substância a ser testada, baseados em modelos já existentes. Em geral os olfatômetros utilizados apresentam duas opções de escolha, onde os animais testados podem optar por um ou outro material ou substância, este instrumento é chamado de olfatômetro em (Y) (Pinto, 1983).

Littledyke e Cherrett (1978) utilizaram pela primeira vez um olfatômetro para observar a respostas das formigas *Atta cephalotes* e *Acromyrmex octospinosus* a odores de diferentes materiais.

O presente estudo propôs que existe uma correlação entre a distância e a percepção de odores pelas operárias de *Atta sexdens rubropilosa*. Para testar tal hipótese foi verificado se ocorre diferença dos atos comportamentais por operárias nas distâncias de 1 cm, 3 cm, 5 cm, 8cm, 16 cm e 24 cm, quando submetidas ao fluxo de odores atrativos em trilha artificial.

2 Material e Métodos

Para avaliar a distância máxima em que as formigas cortadeiras percebem uma fonte de odor foram realizados dois experimentos.

2.1 Experimento 1: Percepção do odor em diferentes distâncias usando olfatômetro em forma de “Y”

Nesse experimento foi realizado um estudo para avaliar a distância em que as formigas cortadeiras percebem a fonte de odor. Para isso foi usado um olfatômetro em forma de “Y”.

Esse olfatômetro foi construído a partir de um tubo central de vidro de vinte (20) cm de comprimento, três (3) cm de largura e dois braços laterais de quarenta (40) cm de comprimento e três (3) cm de largura, com ângulo de 120° entre eles. Em cada braço lateral do olfatômetro foi conectado os canais de condução dos voláteis por meio de mangueiras de silicone conectadas as ponteiros para direcionamento do fluxo dos voláteis. No final de cada braço do olfatômetro foi colocado um anteparo de aço inoxidável para impedir que as formigas fugissem do sistema. O fluxo de ar filtrado e umidificado para dentro do sistema foi de 0,4 litros/minuto (L/min) e obtido através de uma bomba de ar, filtro de carvão ativado, kitassato contendo 500 ml de água, fluxômetros para medir o volume de ar injetado, recipientes contendo odor e somente ar purificado e por último, mangueiras de silicone para condução do ar até as ponteiros. O fluxo de ar foi calibrado através de dois fluxômetros para cada braço do olfatômetro, sendo que a emissão dos voláteis foi constante durante cada sessão de observação.

O fluxo de odor foi ejetado a 0,8 cm de altura em relação ao nível do braço do olfatômetro.

Para realização do experimento foram utilizados quatro (4) ninhos de formigas cortadeiras, os quais foram conectados a uma das extremidades do olfatômetro, permitindo assim que as formigas tivessem acesso ao interior do equipamento que continha o fluxo de ar.

Foram testadas as distâncias de um (1), três (3) e cinco (5) cm para cada tratamento e ar purificado e foram realizadas 30 repetições por tratamento, com duração de 30 minutos. A quantificação do número de formigas em cada braço do olfatômetro foi realizada através da utilização de imagens de fotografias, sendo digitalizadas 10 fotos nos últimos 10 minutos de cada sessão de 30 minutos.

O tubo em Y foi substituído a cada sessão e limpo com acetona para evitar que a marcação de trilha realizada pelas formigas cortadeiras não interferisse na escolha dos tratamentos.

O material contendo a substância atrativa odor foi confeccionado todos os dias antes do início das avaliações, evitando assim que o tratamento perdesse o odor. Este foi confeccionado de polpa de laranja desidratada e moída e água destilada, nas proporção de 70% e 30 % respectivamente, formando uma pasta.

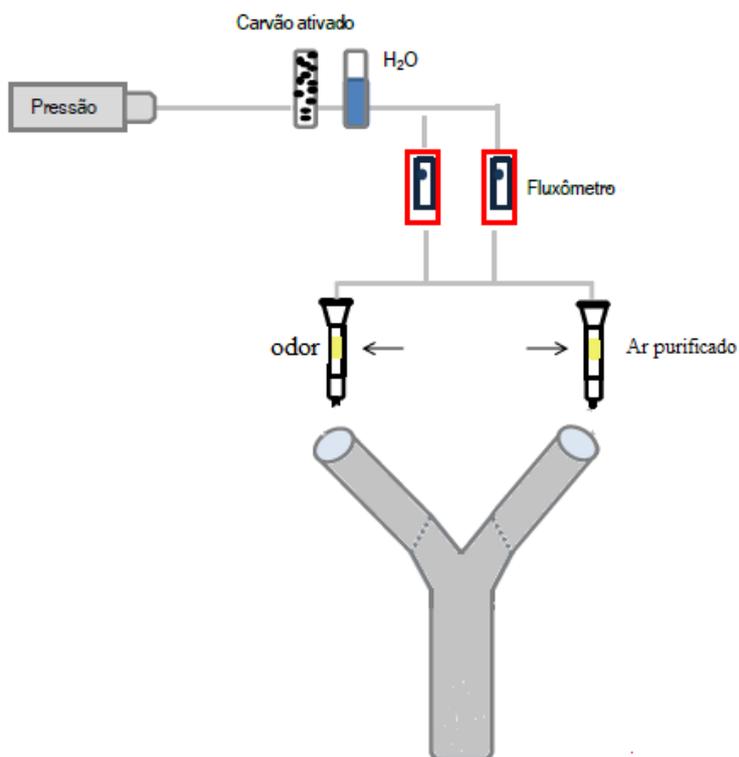


Figura 1: Desenho esquemático do olfatômetro em Y utilizado nos testes de atratividade para as operárias de *Atta sexdens rubropilosa*

Foram realizadas análises de variâncias utilizando o teste T ao nível de 5% de significância. Os dados foram processados através do programa Sigmaestat 3.5.

2.2 Experimento 2: Percepção do odor em diferentes distâncias usando olfatômetro em trilha artificial.

O segundo experimento para avaliar a distância em que as formigas percebem a fonte de odor foi realizado através da utilização de olfatômetro, utilizando voláteis com ar forçado em direção às trilhas artificiais.

Cada colônia foi colocada em potes de plástico, contendo camada de um (1) cm de gesso no fundo para a manutenção da umidade e, interligados com tubos plásticos a dois outros recipientes sem gesso nas extremidades: câmara de forrageamento e

de material exaurido. Apenas a arena de forrageamento foi substituída antes dos experimentos por bandejas de polipropileno com quarenta (40) cm de largura por sessenta (60) cm de comprimento.

A arena de forrageamento e a colônia foram interligadas através de uma passarela de vidro de quatro (4 mm) de espessura, sessenta e três (63) cm de comprimento e três (3) cm de largura, denominada de trilha artificial. A passarela de vidro foi conectada em uma extremidade na entrada do pote contendo o fungo e na outra extremidade a arena de forrageamento que continha uma rampa de vidro de cinco (5) cm de comprimento, que permitia o acesso das formigas a arena de forrageamento contendo o material vegetal a ser cortado.

Na trilha artificial foi demarcada uma faixa de cinco (5) cm, 20 cm depois da entrada do ninho para avaliação dos comportamentos submetidos ao fluxo de odor e 35 cm depois da entrada do ninho para avaliação dos comportamentos submetidos ao ar purificado.

Perpendicularmente a trilha artificial foi ejetado o fluxo de odor nas distâncias de 8 cm, 16 cm e 24 cm. A altura das ponteiras foi de 0,8 cm em relação ao nível da passarela de vidro.

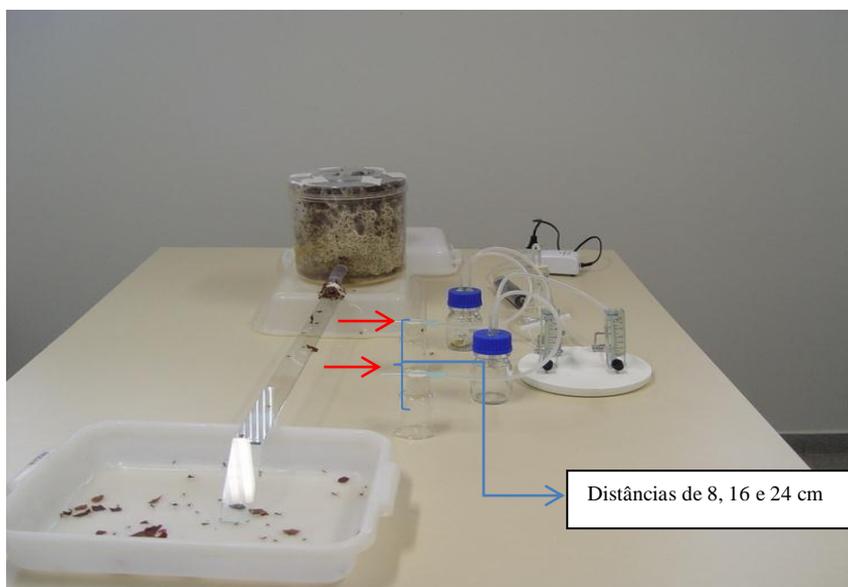


Figura 2: Passarela de vidro utilizada nos testes de atratividade de operárias de *Atta sexdens rubropilosa*

O olfatômetro foi confeccionado de uma bomba de ar, carvão ativado, kitassato contendo 500 ml de água, fluxômetro, canais de condução do ar, recipientes contendo odor e ar purificado e ponteiras para ejetar o odor em direção a trilha. No final das ponteiras foi colocado um anteparo de tela, com malha bem fina para permitir que o ar se dissipasse em direção a trilha de forma homogênea.

A corrente de ar ambiente bombeado no sistema foi de 0,4 litros/minuto (L/min). O ar bombeado foi limpo ao passar pelo carvão ativado, água, para que dessa forma não ocorresse nenhum estímulo secundário que modificasse a resposta das formigas, e posteriormente passou pelos fluxômetros, recipientes contendo os odores e ou ar purificado, sendo então conduzido perpendicularmente na trilha através de uma ponteira de pipeta, formando um fluxo de ar em forma de cone. A emissão do odor e ar purificado na trilha foram constantes durante cada sessão de observação.

O material atrativo utilizado nos testes foi confeccionado todos os dias antes do inicio das avaliações para que não perdesse o aroma. Este foi confeccionado de polpa de laranja desidratada e moída e água destilada, nas proporções de 70% e 30 % respectivamente.

Foram fornecidas folhas de *Acalypha sp*, casca de laranja, aveia, milho às colônias como fonte de alimentação.

Foram realizadas 10 repetições de 30 minutos para cada ninho, correspondendo a 30 repetições por tratamento. Após cada sessão a passarela de vidro foi substituída, para evitar tendências das formigas devido à marcação de trilha e foi limpa com acetona. As observações foram registradas por câmara marca Sony e os vídeos foram analisados através do programa VirtualDubMod versão 1.5.10.2.

3 Resultados e Discussão

Experimento 1: Percepção do odor em diferentes distâncias usando olfatômetro em forma de “Y”

Analisando o comportamento das operárias quando expostas a um odor atrativo, verificou-se que nas distâncias de um, três e cinco centímetros da fonte de odor não houve acúmulo significativo de indivíduos quando comparados ao ar purificado ao nível de 5% de significância.

Tabela 1: Quantidade média de operárias de *Atta sexdens rubropilosa* Forel 1908, registradas nas diferentes distâncias da fonte de odor atrativo.

	Distância	Odor	Controle	P
Ninho 1	1 cm	10,6 ± 2,4	8,5 ± 2,3	0,063
	3 cm	9,4 ± 4,0	9,5 ± 2,9	0,960
	5 cm	12,6 ± 4,2	14,5 ± 8,8	0,560
	P	0,153	0,052	
Ninho 2	1 cm	3,4 ± 1,5b	4,0 ± 1,9b	0,492
	3 cm	2,9 ± 1,3b	3,3 ± 1,5b	0,548
	5 cm	6,3 ± 1,9 ^a	7,7 ± 4,0 ^a	0,331
	P	<0,001	0,003	
Ninho 3	1 cm	6,3 ± 2,8b	7,6 ± 2,7b	0,309
	3 cm	7,8 ± 3,4b	8,3 ± 4,4b	0,772
	5 cm	12,1 ± 4,9 ^a	16,7 ± 8,4 ^a	0,157
	P	0,006	0,002	
Ninho 4	1 cm	3,1 ± 1,7	2,8 ± 1,3b	0,705
	3 cm	3,7 ± 2,3	2,9 ± 1,2b	0,339
	5 cm	5,4 ± 5,1	8,1 ± 4,7 ^a	0,233
	P	0,314	<0,001	

Resultados seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferenciaram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05)

As formigas ao explorarem os braços do olfatômetro até o final se depararam com o anteparo com malha que as impedia de passar para o outro lado onde continha as ponteiras com os voláteis e, permaneceram ali tentando cortar a malha de aço até o fim da sessão. Algumas operárias exploraram o outro lado do braço do olfatômetro.

As análises estatísticas dos resultados obtidos mostrou que nos ninhos 2, 3 e 4 houve maior número de formigas na maior distância. Esse resultado pode ser explicado pelo fato do fluxo de ar ter sido rebatido no anteparo de aço inox nas menores distâncias devido a sua proximidade com a ponteira e pela malha ser muito fina. Outro fator a ser considerado é o efeito do local, pois as operárias permanecerem na tela tentando cortá-la. As formigas quando escolhiam um braço do olfatômetro dirigiam-se encostadas nas paredes de vidro até o final do túnel onde se encontrava o anteparo de aço, resultados semelhantes também foram obtidos por Pinto (1983), estudando a atratividade de cinco espécies de *Eucalyptus* com *Atta*. Devido a este comportamento observado pelas operárias optou-se por realizar outro experimento utilizando outra metodologia.

Experimento 2: Percepção do odor em diferentes distâncias utilizando olfatômetro em trilha artificial

Como não houve distribuição normal dos dados foi realizado o Teste de Mann-Whitney ($P < 0,05$) para comparação do ar purificado e odor.

Tabela 2: Medianas e percentis 25 e 75% do número de operárias em cada ninho, distância e comportamento separadamente.

Levantar a cabeça				
	Distância	Odor	Controle	P
Ninho 1	8 cm	7,0 [2,0-18,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
	16 cm	8,5 [5,0-12,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
	24 cm	3,5 [1,0-18,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
Ninho 2	8 cm	10,0 [6,0-23,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
	16 cm	3,0 [1,0-5,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
	24 cm	5,0 [3,0-10,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
Ninho 3	8 cm	7,5 [3,0-12,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
	16 cm	7,0 [4,0-11,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
	24 cm	4,0 [2,0-6,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
Levantar a antena				
	Distância	Odor	Controle	P
Ninho 1	8 cm	18,0 [5,0-26,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
	16 cm	24,5 [17,0-26,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
	24 cm	9,0 [3,0-24,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
Ninho 2	8 cm	17,0 [5,0-48,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
	16 cm	9,0 [6,0-16,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
	24 cm	10,5 [9,0-20,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
Ninho 3	8 cm	16,5 [9,0-25,0]	0,0 [0,0-1,0]	0,001
	16 cm	22,0 [19,0-25,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
	24 cm	10,5 [6,0-15,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
Levantar o corpo				
	Distância	Odor	Controle	P
Ninho 1	8 cm	1,0 [0,0-6,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,006
	16 cm	1,5 [0,0-2,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,006
	24 cm	0,0 [0,0-3,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,691
Ninho 2	8 cm	2,0 [1,0-5,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
	16 cm	0,0 [0,0-1,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,195
	24 cm	0,0 [0,0-0,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,368
Ninho 3	8 cm	1,0 [0,0-3,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,002
	16 cm	2,0 [1,0-2,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,001
	24 cm	0,0 [0,0-1,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,387
Virar direção odor				
	Distância	Odor	Controle	P
Ninho 1	8 cm	17,0 [12,0-25,0]	5,0 [5,0-6,0]	0,001
	16 cm	17,0 [9,0-20,0]	5,0 [4,0-6,0]	0,001
	24 cm	18,0 [11,0-23,0]	4,0 [3,0-6,0]	0,001
Ninho 2	8 cm	20,5 [12,0-46,0]	4,5 [2,0-6,0]	0,001
	16 cm	11,5 [9,0-14,0]	7,0 [6,0-9,0]	0,001
	24 cm	29,5 [22,0-30,0]	5,5 [5,0-6,0]	0,001

Ninho 3	8 cm	25,0 [18,0-29,0]	5,0 [5,0-6,0]	0,001
	16 cm	23,0 [11,0-25,0]	4,5 [2,0-7,0]	0,001
	24 cm	17,5 [12,0-23,0]	4,0 [4,0-6,0]	0,001
Para frente odor				
	Distância	Odor	Controle	P
Ninho 1	8 cm	4,5 [1,0-10,0]	1,0 [0,0-1,0]	0,013
	16 cm	7,5 [5,0-13,0]	1,0 [0,0-2,0]	0,003
	24 cm	2,5 [1,0-7,0]	2,0 [2,0-4,0]	0,939
Ninho 2	8 cm	5,5 [5,0-20,0]	2,0 [1,0-3,0]	0,001
	16 cm	2,0 [1,0-4,0]	0,0 [0,0-0,0]	0,002
	24 cm	3,0 [2,0-6,0]	1,5 [1,0-2,0]	0,025
Ninho 3	8 cm	5,5 [4,0-6,0]	2,5 [2,0-4,0]	0,016
	16 cm	6,5 [4,0-9,0]	1,0 [0,0-2,0]	0,001
	24 cm	3,0 [2,0-4,0]	1,0 [0,0-1,0]	0,001
Ir e voltar odor				
	Distância	Odor	Controle	P
Ninho 1	8 cm	7,0 [5,0-9,0]	3,0 [2,0-4,0]	0,001
	16 cm	8,0 [5,0-10,0]	3,0 [0,0-4,0]	0,006
	24 cm	7,0 [5,0-9,0]	3,0 [2,0-4,5]	0,036
Ninho 2	8 cm	9,5 [7,0-18,0]	2,5 [2,0-4,0]	0,003
	16 cm	6,5 [2,0-7,0]	1,0 [0,0-2,0]	0,014
	24 cm	11,5 [9,0-14,0]	2,5 [2,0-4,0]	0,003
Ninho 3	8 cm	8,0 [7,0-21,0]	3,5 [2,0-4,0]	0,006
	16 cm	9,5 [5,0-12,0]	1,0 [1,0-3,0]	0,001
	24 cm	11,0 [6,0-14,0]	3,0 [2,0-4,0]	0,001

Houve diferença estatística significativa entre odor e o ar purificado nos comportamentos levantar a cabeça, levantar as antenas, virar em direção as plumas de odor e ir e voltar em direção às plumas de odor em todos os ninhos e distâncias. Nos comportamentos levantar o corpo e parar em frente ao odor, não houve diferença estatística nas distâncias de 16 e 24 cm onde o P foi maior que 0,05.

Tabela 3: Medianas e percentis 25 e 75% da quantidade de formigas considerando os dados de odor.

Distância	LCA	LA	LCO	VDO	PFO	IVO
8 cm	9,0 [3-18]	16,5 [7-26]	1,0 [0-3]a	20,5 [12-38]a	5,0 [4-10]a	8,0 [7-11]
16 cm	6,0 [2-10]	17,5 [9-25]	1,0 [0-2]a	15,0 [9-23]b	5,0 [2-8]ab	7,0 [4-10]
24 cm	4,5 [2-9]	10,5 [6-16]	0,0 [0-0]b	21,5 [12-30]ab	3,0 [2-4]b	9,0 [6-13]
P	0,111	0,087	0,001	0,039	0,010	0,162

Medianas seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferenciaram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Foi realizado o teste de normalidade e ambos os comportamentos não apresentaram distribuição normal dos dados. Então se optou pelo teste não paramétrico

de Kruskal-Wallis para comparação das distâncias ($P < 0,05$). Quando houve significância foi usado para comparar as medianas o Teste de Tukey ($P < 0,05$).

De acordo com as análises estatísticas não existiu diferença significativa ($p > 0,05$) entre as distâncias 8, 16 e 24 cm na percepção de odores atrativos sobre o ato comportamental das operárias “levantar a cabeça”. Contudo, observou-se tendência na redução da percepção dos odores a medida que aumenta a distância entre as operárias e a fonte de odor. Essa afirmação pode ser sustentada pelo fato das plumas de odor serem facilmente dispersadas pelo vento e a medida que a nuvem de moléculas afasta-se a partir da fonte, ela se expande e a concentração média de moléculas dentro da nuvem diminui (Murlis et al, 1992). Da mesma maneira não existiu diferença significativa $p > 0,05$ entre as distâncias 8, 16 e 24 cm na percepção de odores atrativos sobre o ato comportamental “levantar as antenas”.

O comportamento levantar o corpo teve efeito da distância. Não houve diferença na quantidade de registros comportamentais nas distâncias de 8 e 16 cm, mas em ambas as distâncias tiveram maior número de registros que na distância de 24 cm.

Em relação ao comportamento virar em direção as plumas de odor, não houve diferença entre as distâncias de 8 e 16 cm da distância de 24 cm, mas ambos diferiram entre si.

Para o comportamento de “parar em frente ao odor”, as distâncias 8 e 24 não diferenciaram de 16, mas ambos diferenciaram entre si. Isso indica que a medida que aumenta a distância entre a fonte de odor e as operárias, ocorre diminuição da percepção de odores atrativos.

Para os comportamentos de “ir e voltar até as plumas de odor” não foi observado diferença significativa na percepção de odores atrativos nas distâncias avaliadas, indicando que esse ato comportamental é influenciado por odores emitidos a distâncias menores que 24 cm.

Esse estudo, portanto permitiu verificar que dentre as diferentes distâncias avaliadas na percepção de odores atrativos, as operárias de formigas cortadeiras conseguem perceber a fonte de odor a distâncias menores que 24 cm. Os dados corroboram com os resultados encontrados por Littledyke & Cherrett (1978), que relataram que a percepção do odor do novo substrato somente é percebida pela operária a curta distância (e de Agrawal, 1998; Agrawal & Durbin-Thaler, 1999; Bouat *et al.* 2000 e Romero & Izzo 2004), também sugerem a detecção de novas fontes de alimento a curtas

distâncias. Segundo Peixoto (2005), apesar de algumas variações, em todos os sistemas mutualísticos, as formigas aparentemente são capazes de perceber estímulos liberados pelas folhas danificadas somente quando estão próximas do local de liberação dos compostos voláteis.

Littledyke e Cherrett (1978) constataram que as formigas cortadeiras conseguem discernir odores e distinguir substâncias químicas que sensibilizam seus órgãos sensoriais, usando o odor apreendido como um critério de decisão durante a seleção do substrato (Roces, 1990). Também a capacidade das formigas de perceber compostos voláteis liberados pelas plantas hospedeiras já foi relatada para algumas associações mutualísticas como em *Cecropia-Azteca* (Agrawal 1998; Agrawal & Durbin-Thaler 1999); *Hirtella myrmecophila-Allomerus octoarticulatus* (Romero & Izzo 2004) e *Leonardoxa-Petalomyrmex* (Brouat *et al.* 2000).

Mesmo sendo capazes de perceber compostos voláteis, formigas presentes em folhas da mesma planta ou em folhas de plantas vizinhas não responderam ao estímulo de folhas cortadas. Isso indica que *Pheidole minutula* possui uma baixa capacidade de perceber compostos liberados a mais de 2 cm da folha. Talvez estes compostos representem um estímulo inicial que aumente o patrulhamento das formigas, mas o contato delas com o substrato deve ser necessário para que o recrutamento ocorra. Essa necessidade de contato com o substrato para haver recrutamento também já foi sugerida para a formiga *Allomerus octoarticulatus* presente na planta *Hirtella myrmecophila* (Peixoto, 2005).

Uma questão interessante é entender como os processos evolutivos podem ter moldado essa capacidade de percepção. O esclarecimento desses processos e dos seus mecanismos subjacentes poderia ajudar a entender porque, apesar da capacidade de perceber compostos voláteis, a resposta das formigas é restrita apenas às áreas próximas à fonte do estímulo (Peixoto, 2005).

Segundo Silva (2010) as formigas cortadeiras encontram os recursos por meio da busca intensa, caminhando na superfície do solo, explorando sempre novas fontes e partindo das trilhas físicas já estabelecidas ou saindo dos olheiros da rede de tuneis subterrâneos, construindo assim, nova trilha ou não, em função da qualidade ou quantidade desse recurso. As operárias saem caminhando na superfície do solo motivadas por necessidades nutricionais individuais e pelas necessidades da cultura do fungo (Littletyke & Cherrett, 1978), no final das trilhas se espalham em busca de material a ser

forageado e, segundo Roces (2002) resultam em padrão de forrageamento coletivo com centenas de operárias.

Outra teoria que pode explicar esse recrutamento em direção ao local de corte é a produção de feromônio que agem conjuntamente a sinais mecânicos e químicos. Littlelike e Cherrett (1978) observaram que as formigas movem-se em direção ao odor deixando frequentemente uma trilha de feromônio, indicando que o odor pode atuar como um estímulo para que as formigas iniciem a trilha.

O odor atrativo para as formigas cortadeiras tem importância quando o novo substrato for encontrado pela operária, que ao tocar o material com suas antenas, exploram esse recurso e, voltam para as trilhas recrutando novas operárias.

O recrutamento transmitido pela escoteira às operárias é de vital importância, sendo expresso pelo baixo número das mesmas tentando explorar o material quando não podiam ter contato. Assim, quando ocorre o carregamento, o número de operárias aumenta significativamente, pois existe o recrutamento intenso de outros indivíduos, num processo de retroalimentação positivo, pois as operárias recrutadas ao voltarem para o ninho também fazem a deposição de feromônio na trilha que se torna cada vez mais forte (Carlos, 2008).

O estímulo olfatório é importante no momento de seleção do substrato, porém apenas ele não garante o recrutamento de outras operárias para a fonte. Quando as operárias chegam a fonte aonde o material provavelmente atrativo se encontra, elas exploram as placas que contêm as iscas, visto a impossibilidade de carregar, ou se alimentar de tal fonte elas abandonam o local e buscam outro substrato para forragear (Carlos, 2008).

4 Referências

- AGRAWAL, A. A. 1998. Leaf damage and associated cues induce aggressive ant recruitment in a neotropical ant-plant. **Ecology** **79**: 2100-2112.
- AGRAWAL, A. A. & DUBIN-THALER, B. J. 1999. Induced responses to herbivory in the neotropical ant-plant association between *Azteca* ants and *Cecropia* tree: response of ants to potential inducing cues. **Behavioral Ecology and Sociobiology** **45**: 47-54.
- BROUAT, C.; MCKEY, D.; BESSIÈRE, J.; PASCAL, L. & HOSSAERT-MCKEY, M. 2000. Leaf volatile compounds and the distribution of ant patrolling in an ant-plant protection mutualism: preliminary results on *Leonardoxa* (Fabaceae: Caesalpinaceae) and *Petalomyrmex* (Formicidae: Formicinae). **Acta Oecologica** **21**: 349-357.
- CARLOS, AMANDA APARECIDA. Influência da polpa cítrica, do óleo, de fungos filamentosos na atratividade de iscas tóxicas a *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) / Amanda Aparecida Carlos. – Botucatu: (s.n.), 2008. Vi, 82 f. : il., tabs. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008.
- CHERRETT, J. M. 1968. The foraging behaviour of *Atta cephalotes* (L.) Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Animal Ecology**, v. 37, n. 1, p. 387-403.
- CHERRETT, J. M. 1972. Some factors involved in the selection of vegetable substrate by *Atta cephalotes* (L.) Hymenoptera: Formicidae) in tropical rain forest. **Journal of Animal Ecology**, v. 41, p. 647 – 660.
- JUSTUM, A. R., GORDON, R. F. S. Eds. 1989. *Insect Pheromones in Plant Protection*. New York: Wiley.
- LITTLEDYKE, M.; CHERRETT, J. M. 1978. Olfactory responses of the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Hymenoptera: Formicidae) in the laboratory. **Bulletin of Entomological Research**, v. 68, p. 273-282.
- MURLIS, J., ELKINTON J. S., CARDÉ, R. T. 1992. Odor plumes and how insects use them. **Annual Review Entomology** **37**: 505-32.

PEIXOTO, Paulo Enrique Cardoso. In: Machado, G. & H. Nascimento. (Eds.) Respostas comportamentais da formiga *Pheidole minutula* (Hymenoptera: Formicidae) a estímulos químicos e biológicos: compostos voláteis são identificados pelas formigas?. **Ecologia da Floresta Amazônica. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2005.**

PINTO, M. H. P. 1983. Seleção de odores de plantas por *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae), através de uso de olfatômetro. Trabalho de conclusão de curso, Instituto de Biociências – Universidade Estadual Paulista, BR (Unpublished).

RIDGWAY, R. L., SILVERSTEIN, R. M., INSCOE, M. N. eds. 1990. **Behavior Modifying Chemicals for Insect Management.** New York: Dekker. 761 p.

ROCES, F. 2002. Individual complexity and self-organization in foraging by leaf-cutting ants. **The Biological Bulletin**, v. 202, n. 3, p. 306-313.

ROCES, F. & NÚÑEZ, J. A. 1993. Information about food quality influences load-size selection in recruited leaf-cutting ant. **Animal behavior**, **45**: 135-143.

ROMERO, G.Q. & IZZO, T.J. 2004. Leaf damage induces ant recruitment in the Amazonian ant-plant *Hirtella myrmecophila*. *Journal of Tropical Ecology* 20: 675-682. Em formigas cortadeiras de gramíneas (Formicidae, Attini), transferência de informações durante o recrutamento em *Atta bisphaerica*. P.72. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/Zoologia)- Instituto de Biociências de Botucatu.

SILVA, M. B. 2010. Caracterização das trilhas de forrageamento em formigas cortadeiras de gramíneas (Formicidae, Attini): transferência de informações durante o recrutamento em *Atta bisphaerica*. p. 72. Dissertação (mestrado) em Ciências Biológicas/Zoologia – Instituto de Biociências de Botucatu.

SILVA, S. VERZA. Seleção de substratos por *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) e dispersão de corante em diferentes castas / Sandra verza Silva, 2003. Dissertação (mestrado)- Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2003.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As formigas cortadeiras do gênero *Atta* (Hymenoptera: Formicidae) são organismos amplamente conhecidos por sua atividade desfolhadora sendo considerada uma praga agrícola bastante importante para áreas cultivadas, principalmente em áreas reflorestadas, onde causam enormes prejuízos. São insetos sociais abrigados no solo, portanto possuem múltiplos sistemas de comunicação, a maioria deles, são baseados em sinais químicos. Além de conseguirem distinguir substâncias químicas que são tocadas por seus órgãos sensoriais, as formigas conseguem também distinguir e responder a odores de diversas substâncias existentes na planta.

Em função dos prejuízos econômicos que essa espécie acarreta vários métodos de controle são empregados e estudados. A forma de controle mais comumente utilizada para minimizar os efeitos negativos desses insetos é a tóxica, através da utilização de iscas. Embora existam outras alternativas de controle, como os métodos mecânicos, culturais, biológicos e outras modalidades de aplicação do controle químico.

No entanto sem o conhecimento do comportamento dessa espécie na percepção de odores, o controle com formicidas se torna mais difíceis de serem aplicados com eficiência. O estudo contribuiu com a descrição dos atos comportamentais executados por operária de *Atta* quando estas são submetidas a odores atrativos e repelentes, permitindo evidenciar que quando um material considerado atrativo as formigas cortadeiras é percebido pelas operárias, estas em sinal positivo a esta atração exibem comportamentos como levantar as antenas, parar em frente ao odor, virar em direção ao odor e ir e voltar em direção as plumas de odor. O contrário quando percebem odores repelentes, seu comportamento é de defesa, abrindo as mandíbulas e curvando o gáster.

Esse estudo, portanto permitiu verificar ainda que dentre as diferentes distancias avaliadas na percepção de odores atrativos, as operárias de formigas cortadeiras conseguem perceber a fonte de odor a distâncias de pelo menos 24 cm.

Assim sendo, esse estudo trouxe contribuições para o conhecimento sobre o comportamento da espécie sobre a percepção de iscas e, espera-se que possa contribuir e fornecer subsídio no aprimoramento dos métodos de controle chegando a práticas menos impactantes a natureza, porém sugere-se que outros estudos sejam conduzidos em campo e em laboratório para que se compreenda melhor a percepção de voláteis pelas formigas cortadeiras.

CONCLUSÕES

- Existem diferenças nos repertórios comportamentais das operárias de *Atta sexdens rubropilosa* quando submetidas a fluxo de odor atrativo e repelente.

- Os comportamentos levantar a cabeça, levantar as antenas, antenar a superfície do vidro, marcar trilha, virar em direção as plumas de odor, parar em frente às plumas de odor e ir e voltar em direção as plumas de odor são os atos comportamentais significativamente desempenhados pelos voláteis atrativos.

- Os comportamentos levantar a cabeça, levantar as antenas, antenar a superfície do vidro, abrir o aparelho bucal, tocar-se aparelho bucal e curvar o gáster são os atos comportamentais significativamente mais desempenhados pelos voláteis de folhas de *Mentha sp.*

- As formigas cortadeiras percebem os odores a distâncias de pelo menos 24 cm da fonte de odor.

Referências bibliográficas

- AMANTE, E. Prejuízos causados pela formiga saúva em plantações de *Eucalyptus* e *Pinus* no Estado de São Paulo. **Silv. S. Paulo**, p.335-63, 1967
- BOARETTO, M. A. C. **Seleção de substratos com potencial para uso em iscas granuladas para as saúvas *Atta capiguara* Gonçalves, 1944 e *Atta bisphaerica* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) e isolamento do fungo simbiote**. Botucatu, 2000. Tese (Doutorado)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- BUENO, O. C.; HEBLING, M. J. A.; SILVA, O. A.; MATENHAUER, A. M. C. 1995. Effect of sesame (*Sesamum indicum*) on the nest development of *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 119, p. 341-343.
- CEDEÑO-LEÓN, A. **Los Bachacos: aspectos de su ecología**. Venezuela: Fondo Editorial. 1984
- CHERRETT, J. M. 1972. Some factors involved in the selection of vegetable substrate by *Atta cephalotes* (L.) (Hymenoptera: Formicidae) in tropical rain forest. **Journal of Animal Ecology**, v. 41, p. 647-60.
- COUTINHO, L. M. 1984. Aspectos ecológicos da saúva no cerrado – a saúva, as queimadas e sua possível relação na ciclagem de nutrientes minerais. **Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo** 8: 1-9.
- DELLA LUCIA, T. M. C.; OLIVEIRA, M. A. Forrageamento. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1993, p. 163-190.
- DALLING, J. W. & WIRTH, R. 1998. Dispersal of *Miconia argentea* seeds by the leafcutting ant *Atta colombica*. **Journal of Tropical Ecology** 14: 705-710.
- FARJI-BRENER, A. G. 2001. Why are leaf-cutting ants more common in early secondary forests than in old-growth tropical forests? An evaluation of the palatable forage hypothesis. **Oikos** 92: 169 -177.

FARJI-BRENER, A. G. 1993. Influencia de la estacionalidad sobre los ritmos forrageros de *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) en una sabana tropical. **Revista de Biología Tropical** 41: 897-899.

FORTI, L. C. **Ecologia da saúva *Atta capiguara* Gonçalves, 1944 (Hymenoptera, Formicidae) em pastagem**. Piracicaba, 1985. 234p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

FORTI, L. C.; CROCOMO, W. B.; GUASSU, C. M. O. 1987. Biologia e controle das formigas cortadeiras de folhas em florestas importadas. São Paulo: **FEPAF, Boletim didático** n. 4, 30p.

FOWLER, H. G., FORTI, L. C., BRANDÃO, C. R. F., DELABIE, J. H. C., VASCONCELOS, H. L. 1991. Ecologia nutricional de formigas. p. 131- 223. In: PANIZZI, A. R., PARRA, J. R. P. (Eds.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo, Editora Emmanoele Ltda

FOWLER, H. G.; STILES, E. W. 1980. Conservative resource management by leaf-cutting ants? The role of territories and trails, and environmental patchiness. **Sociobiology**, Chicago, v. 5, n. 1, p. 25-41.

FOWLER, H. G., ROBINSON, S. W. 1979. Foraging by *Atta sexdens* (Formicidae: Attini): seasonal patterns, caste and efficiency. **Ecological Entomology**, v.4, p. 239.

GARRETTSON, M.; STETZEL, J. F.; HALPERN, B. S., HEARN, D. J., LUCEY, B.T. & MCKONE, M. J. 1998. Diversity and abundance of understory plants on active and abandoned nests of leaf-cutting ants (*Atta cephalotes*) in a Costa Rica rain forest. **Journal of Tropical Ecology** 14: 17-26.

HEBLING, M. J. A.; BUENO, O. C.; MAROTI, P. S.; PAGNOCCA, F. C.; DA SILVA O. A. 2000. Effects of leaves of *Ipomoea batatas* (Convolvulaceae) on nest development and on respiratory metabolism of leaf-cutting ants *Atta sexdens* L. (Hym., Formicidae). **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 124, p.249 - 252.

HOWARD, J. J. 2001. Cost of trail construction and maintenance in the leaf-cutting ant *Atta columbica*. **Behaviour Ecological Sociobiology**, 49: 348-356.

HOWARD, J. J. 1987. Leaf-cutting ant diet selection: the role of nutrients, water, and second chemistry. **Ecology**, v. 68, p. 503-15.

HOWARD R. W.; BLOMQUIST G. J. 1982. Chemical ecology and biochemistry of insect hydrocarbons. **Annu. Rev. Entomol.**, 27, 149-172.

HÖLLDOBLER, B. 1976. Recruitment behavior, home range orientation and territoriality in harvest ants, *pogonomyrmex*. **Behavioural Ecology and Sociobiology**, 1: 3-44.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E. O., 1990. **The ants**. Harvard University Press, Cambridge, USA.

JACOBY, M. 1943. Observações e experiências sobre *Atta sexdens rubropilosa* Forel, visando facilitar seu combate. Rio de Janeiro, separata do “**Boletim do Ministério da Agricultura**”, 55p.

KNAPP, J. J.; HOWSE, P. E.; KERMARREC, A. 1990. Factors controlling foraging patterns in the leaf-cutting ant *Acromyrmex octospinosus* (Reich). In: VANDER MEER, R. K.; JAFFÉ, K.; CEDENO, A. (Eds). **Applied Myrmecology: a world perspective**, Boulder, San Francisco & Oxford: Westview Press, p. 382-409.

KREBS, J. K.; DAVIS, N. R. 1987. **An introduction to behavioral ecology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

LEAL, I. R. & OLIVEIRA, P. S. 1998. Interactions between fungus growing ants (Attini), fruits and seeds in cerrado vegetation in Southeast Brazil. **Biotropica** 30:170-178.

LEAL, I. R. & OLIVEIRA, P. S. 2000. Foraging ecology of attine ants in a Neotropical savanna: seasonal use of fungal substrate in the cerrado vegetation of Brazil. **Insectes Sociaux** 47: 376-382.

LITTLEDYKE, M.; CHERRETT, J.M. 1975. Variability in the selection of substrate by the leafcutting ants *Atta cephalotes* and *Acromyrmex octospinosus* (Hymenoptera: Formicidae). **Bulletin of Entomological Research**, London, v. 65, p. 33-47.

LOPES, J. F. S.; FORTI, L. C.; CAMARGO, R. S., 2004. The influence of the scout upon the decision-making process of recruited workers in three *Acromyrmex* species. **Behaviour Processes**, 67, 471-476.

LITTLEDYKE, M; CHERRETT, J. M. 1978a. Defense mechanisms in young and old leaves against cutting by the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Hymenoptera: Formicidae). **Bulletin of Entomological Research**, v.68, p. 263- 271.

LITTLEDYKE, M.; CHERRETT, J.M. 1978b. Olfactory responses of the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Hymenoptera: Formicidae) in the laboratory. **Bulletin of Entomological Research**, v.68, p.273-282.

MARICONI, F. A. M; ZAMITH, A. P. L; CASTRO, U. P; JOLY, S. 1963. Nova contribuição para o conhecimento das saúvas de Piracicaba (*Atta* spp.) (Hym.-Formicidae). **Rev. Agric.**, Piracicaba, SP, v.38, n.2, p.85.

NORTH, R. D.; JACKSON, C. W.; HOWSE, P.E. 1999. Communication between the fungus garden and workers of the leaf-cutting ant, *Atta sexdens rubropilosa*, regarding choice of substrate for the fungus. **Physiological Entomology**, London, v. 24, p. 127-133.

OKUNADE, AL WIEMER D F. 1985. Ant-repellent sesquiterpene lactones from *Eupatorium quadrangulare*. **Phytochemistry**, v. 24, n. 6,p. 1199-201.

PRETTO, D. R., **Arquitetura dos túneis de forrageamento e do ninho de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera, Formicidae), dispersão de substrato e dinâmica do inseticida na colônia.** Botucatu, 1996. 109p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista.

RAO, M., TERBORGH, J. & NUÑEZ, P. 2001. Increased herbivory in forests isolates: implications for plant community structure and composition. **Conservation Biology** 15: 624-633.

RIDDLEY, P. S; HOWSE, P. E; JACKSON, C. W. 1996. Control of the behavior of leaf-cutting ants by their “symbiotic” fungus. **Experientia**, v.52, p.631-635.

ROCES, F. 2002. Individual complexity and self-organization in foraging by leaf-cutting ants. **Biological Bulletin**, Woods Hole, v. 202, p. 306-313.

ROCES F, 1990. Olfactory conditioning during the recruitment process in leaf-cutting ant. **Oecologia**, 83, 261-262.

ROCES, F., HÖLLDOBLER, B. 1994. Leaf density and a trade-off between load-size selection and recruitment behavior in *Atta cephalotes*. **Oecologia**, v. 97, p. 1-8.

ROCES, F., NÚÑEZ, J. A. 1993. Information about food quality influences load-size selection in recruited leaf-cutting ants. **Animal Behaviour**. v.45, p. 135-143.

ROCKWOOD, L. L. 1976. Plant selection and foraging patterns in two species of leaf-cutting ants (*Atta*). **Ecology**, v. 57, p. 48-61.

STRADING, D. J. 1978. The influence of size on foraging in the ant, *Atta cephalotes*, and the effect of some plant mechanisms. **Journal of Animal Ecology**, v. 47, p. 173-188.

THERRIEN, P., 1988. Individual food choices by foragers from the species *Acromyrmex octospinosus* (Reich), the leaf-cutting ant. **Mem. Entom. Soc. Can.**, 146, 123-130.

TRANIELLO, J. F. A. 1989. Foraging strategies of ants. **Annual Review Entomology.**, v. 34, p. 191- 210.

VASCONCELOS, H. L. & CHERRET, J. M. 1997. Leaf- cutting ants and early plant regeneration in central Amazonia: effects of herbivory on tree seedling establishment. **Journal of Tropical Ecology** 13: 357-370.

WEBER, N. A. 1972. **Ants: the attines**. Philadelphia: The American Philosophical Society, 147p.

WILSON, E. O. 1971. **The insect societies**. Belknap press, Harvard Uni. Mass.

WIRTH, R., BEYSCHLAG, W., HERZ, H., RYEL, R. J. & HÖLLDOBLER, B. 2003. The herbivory of leaf-cutting ants. A case study on *Atta colombica* in the tropical rainforest of Panama. **Ecological Studies**, 164. Springer Verlag, Berlin.

WIRTH, R., BEYSCHLAG, W., RYEL, R. J. & HOLLDOBLER, B. 1997. Annual foraging of the leaf-cutting ant *Atta colombica* in a semideciduous rain forest in Panama. **Journal of Tropical Ecology** 13: 741-757.