

**BIOATIVIDADE DE ÓLEOS VEGETAIS SOBRE O
COMPORTAMENTO DA SAÚVA DO NORDESTE (*Atta opaciceps*
Borgmeier, 1939)**

KÁTIA MARIA DA SILVA PARENTE

FORTALEZA - CEARÁ

2002

P228b Parente, Kátia Maria da Silva.
Bioatividade de óleos vegetais sobre o comportamento da saúva do nordeste (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939) / Kátia Maria da Silva Parente. – Fortaleza : K. M. da S. Parente, 2002. xxiii, 118p.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, 2002.
Inclui gráficos, tabelas e figuras.

1. Saúva do nordeste (*Atta opaciceps*). 2. *Atta opaciceps*. 3. Insetos. 4. Formigas. I. Título.

CDD – 632.9

Catálogo na fonte: Bibliotecária Marta Regina S. Barbosa.

**BIOATIVIDADE DE ÓLEOS VEGETAIS SOBRE O
COMPORTAMENTO DA SAÚVA DO NORDESTE (*Atta opaciceps*
Borgmeier, 1939)**

KÁTIA MARIA DA SILVA PARENTE

**TESE SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM BIOQUÍMICA, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
BIOQUÍMICA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA – CE

FEVEREIRO/2002

Esta Tese foi apresentada a Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Bioquímica do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos necessários a obtenção do grau de Doutor em Bioquímica outorgado por esta instituição, encontrando-se a disposição dos interessados na Biblioteca da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Tese será permitida, desde que seja de conformidade com as normas da ética científica.

Kátia Maria da Silva Parente

TESE APROVADA EM 15/02/2002

Prof. Fernando João Montenegro de Sales - Post-Doctor
Orientador

Prof. Benildo Souza Cavada - Post-Doctor
Conselheiro

Prof. Thalles Barbosa Grangeiro - Doutor
Conselheiro

Pesquisador José Oscar Lustosa de Oliveira Júnior - Doutor
Conselheiro

Prof. Petrônio Emanuel Timbó Braga - Doutor
Conselheiro

Ao meu esposo **Euclides**, grande companheiro de todas as horas.

DEDICO.

*São os insetos os mais temíveis e implacáveis
concorrentes do homem no usufruto e domínio da
terra.*

J.S. Inglez de Souza

AGRADECIMENTOS

À **Deus**, ser onipotente e fonte inesgotável de toda a sabedoria.

À **Universidade Federal do Ceará (UFC)**, através do **Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular (DBBM)**, pela oportunidade concedida para a realização do Curso.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela concessão da bolsa de estudos.

À **Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Bioquímica**, na pessoa da Profa. Dra. **Ilka Maria Vasconcelos**, pela orientação na formatação final da Tese.

Ao professor doutor **Fernando João Montenegro de Sales**, pela competência e valorização acadêmica no decorrer de nossa convivência científica.

Ao professor doutor **Benildo Sousa Cavada**, pela atenção, incentivo e valiosas sugestões.

Ao professor doutor **Romildo Albuquerque dos Santos** pelos ensinamentos transmitidos, sempre.

Aos doutores **José Oscar Lustosa de Oliveira Júnior** e **Petrônio Emanuel Timbó Braga** pelo apoio e pronto aceite para análise do trabalho de pesquisa e participação na banca examinadora.

Aos professores doutores **Norma Maria Barros Benevides**, **Benildo Sousa Cavada** e **Thalles Barbosa Grangeiro**, pelos grandes ensinamentos e participação no *Qualify*.

Ao professor doutor **Francisco Valter Vieira** pela amizade, apoio e presteza.

Aos bibliotecários **Eliete**, **Vera Lúcia**, **Altarina** (*in memorian*) e **Marcos** pelo apoio, atenção e amizade, sempre.

À bibliotecária **Rosane Maria Costa** pela revisão e adequação do trabalho desta Tese às normas mais recentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Aos amigos **Manoel Barbosa Filho** (agrônomo e pesquisador da Universidade Federal do Ceará) e **Leví Gonçalves Moreira** (graduando em Agronomia) pela valiosa amizade, confiança, responsabilidade e excelente convívio.

À amiga **Vanda Cidade Nuvens Silveira** (professora mestra da Universidade Estadual do Ceará/Universidade Regional do Cariri) pelas constantes demonstrações de solidariedade e companheirismo. Além de grande amiga, grande conselheira de todos os momentos.

À amiga e digitadora **Maria Nildete Oliveira** pelo trabalho de impressão das figuras e esmero em tudo aquilo que faz.

À amiga e bibliotecária **Marta Regina Barbosa** pela rapidez na elaboração da ficha catalográfica e atenção sempre.

À amiga **Rita de Cácia Abreu** pelo companheirismo, conselhos e valorização profissional e pessoal.

À amiga **Gláucia Oliveira** pelo reconhecimento pessoal e valiosa amizade.

Aos colegas **Niédja Gonçalves, Edna Nascimento, Noélia Mendes, Lúcia de Fátima Lopes, Renato Isidro, Batista Santiago e Edna Lima** pela amizade solícita.

Ao técnico de laboratório **Edvani Silva** pela ajuda sempre que necessária.

À **Ana Maria Carvalho Isidro** pelo incessante exemplo de luta pela vida.

Ao **Núcleo Gestor** e aos colegas professores do Centro de Educação de Jovens e Adultos José Walter pelo convívio saudável.

À todos, enfim, que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho de pesquisa: meus sinceros **agradecimentos**.

SUMÁRIO

	Página
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	x
<u>LISTA DE TABELAS</u>	xvi
<u>RESUMO</u>	xx
<u>ABSTRACT</u>	xxii
<u>1. INTRODUÇÃO</u>	01
1.1. <u>Insetos</u>	01
1.1.1. Considerações Gerais	01
1.1.2. Nutrição de Insetos	03
1.1.3. Semioquímicos	04
1.1.4. Ordem <i>Hymenoptera</i> Linneu, 1758*	09
1.1.5. As Formigas	13
1.1.6. Características do Alimento que Influenciam sua Identificação	20
1.1.7. Características do Inseto que Influenciam a Identificação do Alimento	21
1.1.8. O Fungo	22
1.2. <u>Óleos Vegetais</u>	27
1.2.1. Histórico	27
1.2.2. Características Físico-Químicas dos Óleos Vegetais Utilizados	30
1.2.2.1. Jaborandi (<i>Pilocarpus microphyllus</i> Stapf.: <i>Rutaceae</i>)	30
1.2.2.2. Eucalipto (<i>Eucalyptus citriodora</i> Hook.: <i>Mirtaceae</i>)	31
1.2.2.3. Alecrim Pimenta (<i>Lippia aff. sidoides</i> Cham.: <i>Verbenaceae</i>)	32
1.2.2.4. NIM (<i>Azadirachta indica</i> A. Juss: <i>Meliaceae</i>)	32
1.2.3. Efeitos Inseticidas de Óleos Vegetais	33

2. <u>OBJETIVOS</u>	43
2.1. <u>Geral</u>	43
2.2. <u>Específicos</u>	43
3. <u>MATERIAL</u>	44
3.1. <u>Insetos</u>	44
3.2. <u>Óleos Vegetais</u>	44
3.3. <u>Outros</u>	44
4. <u>MÉTODOS</u>	46
4.1. <u>Insetos</u>	46
4.2. <u>Óleos Vegetais</u>	48
4.3. <u>Assepsia e Esterilização de Pontes e Placas</u>	49
4.4. <u>Avaliação Comportamental</u>	49
4.5. <u>Análise Estatística dos Dados</u>	51
5. <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	53
Respostas Comportamentais do Inseto-Alvo	53
5.1. <u>Variáveis Delineadoras do Comportamento</u>	53
5.2. <u>Correlação entre as Variáveis de Comportamento</u>	76
5.3. <u>Desenvolvimento do “Jardim Fúngico”</u>	82
6. <u>CONCLUSÃO</u>	98
7. <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	99

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 - Atinários de saúva do nordeste (<i>Atta opaciceps</i> Borgmeier, 1939) (<i>Hymenoptera: Formicidae</i>) mantidos no Núcleo de Experimentação Fitossanitária (NUCLEF)/Centro de Ciências Agrárias (CCA)/ Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.	45
2 - Sauveiros artificiais de <i>Atta opaciceps</i> Borgmeier, 1939 (<i>Hymenoptera: Formicidae</i>) mostrando bom desenvolvimento das esponjas de fungo. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.	47
3 - Disposição dos discos de papel de filtro contendo os tratamentos ensaiados em sauveiros artificiais de <i>Atta opaciceps</i> Borgmeier, 1939 (<i>Hymenoptera: Formicidae</i>). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.	52
4 - Efeito das doses de 0,00 ppm (D0); 0,25 ppm (D1); 0,50 ppm (D2); 1,00 ppm (D3) e 2,00 ppm (D4) e dos óleos de jaborandi (<i>Pilocarpus microphyllus</i> Stapf.), (OE1), e 2-tridecanona, seu constituinte químico, (OE5), eucalipto (<i>Eucaliptus citriodora</i> Hook.), constituintes químicos citronelol, (OE2), e citronelal, (OE3), alecrim pimenta (<i>Lippia aff. sidoides</i> Cham.), (OE4), e NIM (<i>Azadirachta indica</i> A. Juss), (OE6), no acesso ao papel de filtro (APF) por operárias de <i>Atta opaciceps</i> Borgmeier, 1939	

- 5 - Efeito das doses de 0,00 ppm (D0); 0,25 ppm (D1); 0,50 ppm (D2); 1,00 ppm (D3) e 2,00 ppm (D4) e dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE1), e 2-tridecanona, seu constituinte químico, (OE5), eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.), constituintes químicos citronelol, (OE2), e citronelal, (OE3), alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.), (OE4), e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss), (OE6), na marcação de território no papel de filtro (MTPF) por operárias de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (Hymenoptera: Formicidae). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 60
- 6 - Efeito das doses de 0,25 ppm (D1); 0,50 ppm (D2); 1,00 ppm (D3) e 2,00 ppm (D4) e dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE1), e 2-tridecanona, seu constituinte químico, (OE5), eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.), constituintes químicos citronelol, (OE2), e citronelal, (OE3), alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.), (OE4), e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss), (OE6), na movimentação total (MT) de operárias de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (Hymenoptera: Formicidae). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 61
- 7 - Efeito das doses de 0,25 ppm (D1); 0,50 ppm (D2); 1,00 ppm (D3) e 2,00 ppm (D4) e dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE1), e 2-tridecanona, seu constituinte químico, (OE5), eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.), constituintes químicos citronelol, (OE2), e citronelal, (OE3), alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides*

- e citronelal, (OE3), alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.), (OE4), e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss), (OE6), no acesso a área de provisão (AAP) por operárias de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 62
- 8 - Efeito das doses de 0,25 ppm (D1); 0,50 ppm (D2); 1,00 ppm (D3) e 2,00 ppm (D4) e dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE1), e 2-tridecanona, seu constituinte químico, (OE5), eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.), constituintes químicos citronelol, (OE2), e citronelal, (OE3), alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.), (OE4), e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss), (OE6), na marcação de território na área de provisão (MTAP) por operárias de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 63
- 9 - Efeito das doses de 0,25 ppm (D1); 0,50 ppm (D2); 1,00 ppm (D3) e 2,00 ppm (D4) e dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE1), e 2-tridecanona, seu constituinte químico, (OE5), eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.), constituintes químicos citronelol, (OE2), e citronelal, (OE3), alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.), (OE4), e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss), (OE6), na exploração da área de provisão (EAP) por operárias de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 64
- 10 - Efeito das doses de 0,25 ppm (D1); 0,50 ppm (D2); 1,00 ppm (D3) e 2,00 ppm (D4) e dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE1), e 2-tridecanona,

- seu constituinte químico, (OE5), eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook), constituintes químicos citronelol, (OE2), e citronelal, (OE3), alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.), (OE4), e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss), (OE6), na identificação das fontes de estímulo (IFE) por operárias de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 65
- 11 - Comportamento do volume de “jardim fúngico” de saueiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) submetidos ao tratamento com óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE1), nas dosagens de 0,00 ppm (D0) e 2,00 ppm (D4), por um período de sete dias. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 86
- 12 - Comportamento do volume do “jardim fúngico” de saueiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) submetidos ao tratamento com óleo de eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.), constituinte químico citronelol, (OE2), nas dosagens de 0,00 ppm (D0) e 2,00 ppm (D4), por um período de sete dias. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 87
- 13 - Comportamento do volume do “jardim fúngico” de saueiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) submetidos ao tratamento com óleo de eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.), constituinte químico citronelal, (OE3), nas dosagens de 0,00 ppm (D0) e 2,00 ppm (D4), por um período de sete dias. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 88

- 14 - Comportamento do volume do “jardim fúngico” de sauveiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) submetidos ao tratamento com óleo de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.), (OE4), nas dosagens de 0,00 ppm (D0) e 2,00 ppm (D4), por um período de sete dias. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 89
- 15 - Comportamento do volume do “jardim fúngico” de sauveiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) submetidos ao tratamento com 2-tridecanona, constituinte químico do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE5), nas dosagens de 0,00 ppm (D0) e 2,00 ppm (D4), por um período de sete dias. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 90
- 16 - Comportamento do volume do “jardim fúngico” de sauveiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) submetidos ao tratamento com óleo de NIM (*Azadirachta indica* A. Juss), (OE6), nas dosagens de 0,00 ppm (D0) e 2,00 ppm (D4), por um período de sete dias. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 91
- 17 - Efeito dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE1), e 2-tridecanona, seu constituinte químico, (OE5); eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.), constituintes químicos citronelol, (OE2), e citronelal, (OE3); alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.), (OE4), e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss), (OE6), no volume do “jardim fúngico” de sauveiros artificiais de *Atta*

opaciceps Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*), na dose de 2,00 ppm (D4), por um período de sete dias. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

94

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1 -	Análise de variância para a movimentação total (MT), acesso a área de provisão (AAP), acesso ao papel de filtro (APF), marcação de território na área de provisão (MTAP), marcação de território no papel de filtro (MTPF), exploração na área de provisão (EAP) e identificação das fontes de estímulo (IFE) por operárias de saúva do nordeste, <i>Atta opaciceps</i> Borgmeier, 1939 (<i>Hymenoptera: Formicidae</i>). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.	55
2 -	Desdobramento da interação óleo x dose para o efeito das doses (0,00; 0,25; 0,50; 1,00 e 2,00 ppm) dentro de cada óleo (OE1, OE2, OE3, OE4, OE5 e OE6) em operárias de saúva do nordeste, <i>Atta opaciceps</i> Borgmeier, 1939 (<i>Hymenoptera: Formicidae</i>). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.	57
3 -	Desdobramento da interação óleo x dose para o efeito dos óleos [jaborandi (<i>Pilocarpus microphyllus</i> Stapf.; <i>Rutaceae</i>) e 2-tridecanona, seu constituinte químico; eucalipto (<i>Eucaliptus citriodora</i> Hook.; <i>Mirtaceae</i>), constituintes químicos citronelol e citronelal; alecrim pimenta (<i>Lippia aff. sidoides</i> Cham.; <i>Verbenaceae</i>) e NIM (<i>Azadirachta indica</i> A. Juss; <i>Meliaceae</i>)] dentro de cada dose testada (D0, D1, D2, D3 e D4) em operárias de	

- saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 58
- 4 - Comparação de médias para o acesso ao papel de filtro (APF) por operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 68
- 5 - Comparação de médias para a marcação de território no papel de filtro (MTPF) por operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 69
- 6 - Comparação de médias para a movimentação total (MT) de operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 70
- 7 - Comparação de médias para o acesso a área de provisão (AAP) por operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 71
- 8 - Comparação de médias para a marcação de território na área de provisão (MTAP) por operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 72
- 9 - Comparação de médias para a exploração na área de

- provisão (**EAP**) por operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 73
- 10 - Comparação de médias para a identificação das fontes de estímulo (**IFE**) por operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 74
- 11 - Matriz de contingência à Correlação de Pearson, para a movimentação total (**MT**), acesso a área de provisão (**AAP**), acesso ao papel de filtro (**APF**), marcação de território na área de provisão (**MTAP**), marcação de território no papel de filtro (**MTPF**), exploração na área de provisão (**EAP**) e identificação das fontes de estímulo (**IFE**) por operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 78
- 12 - Análise de variância para o comportamento do “jardim fúngico” de sauveiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) em relação aos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.) – **OE1** e 2-tridecanona, seu constituinte químico– **OE5**; eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.), constituintes químicos citronelol – **OE2** e citronelal – **OE3**; alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.) – **OE4** e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss) – **OE6**. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002. 83

- 13 - Comparação de médias para o comportamento do volume do “jardim fúngico” (cm³) de saúveiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) em relação aos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.) – **OE1** e 2-tridecanona, seu constituinte químico – **OE5**; eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.), constituintes químicos citronelol – **OE2** e citronelal – **OE3**; alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.) – **OE4** e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss) – **OE6**. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

84

RESUMO

Os insetos são os maiores competidores do homem pela hegemonia da terra. A presente pesquisa teve por objetivo geral investigar a atividade de seis óleos vegetais no controle comportamental da saúva do nordeste (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939). Foram utilizadas colônias dos Atinários do Núcleo de Experimentação Fitossanitária (NUCLEF), do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, campus do Pici, sito em Fortaleza, Ceará, Brasil. Os óleos vegetais de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.; *Rutaceae*) e 2-tridecanona; seu constituinte químico; eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.; *Mirtaceae*), constituintes químicos citronelol e citronelal; alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.; *Verbenaceae*) e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss; *Meliaceae*) usados na pesquisa foram fornecidos pelo Departamento de Química Orgânica e Inorgânica do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará (UFC). O solvente constituído por etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), acetona ($(\text{CH}_3)_2\text{CO}$) e água destilada, após sua elaboração, era imediatamente misturado ao óleo a ser testado. A mistura (óleo + solvente) foi colocada, separadamente, em cada papel de filtro com o auxílio de uma pipeta graduada, nas dosagens de 0,00 ppm (D0); 0,25 ppm (D1); 0,50 ppm (D2); 1,00 ppm (D3) e 2,00 ppm (D4). A avaliação comportamental foi obtida em função de sete tipos de respostas que integraram o elenco de observações: movimentação total (MT); acesso à área de provisão (AAP); acesso ao papel de filtro (APF); marcação de território na área de provisão (MTAP); marcação de território no papel de filtro (MTPF); exploração na área de provisão (EAP) e identificação das fontes de estímulo (IFE). Foram anotados, também, dados referentes aos valores de “jardim fúngico”, em cm^3 , durante os sete dias subsequentes aos ensaios. O delineamento experimental utilizado foi o blocos casualizados num esquema fatorial $6 \times 5 \times 10$ para as variáveis acesso ao papel de filtro (APF) e marcação de território no papel de filtro (MTPF) e $6 \times 4 \times 10$ para as demais. Para a variável volume do “jardim

fúngico” utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso (10x5). As médias foram testadas ao nível fiducial de 1% utilizando-se o teste de Tukey. O grau de associação entre as variáveis em estudo foi medido através de correlação de Pearson. Dentre os óleos testados, o de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.) e 2-tridecanona, constituinte químico do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), destacaram-se para as variáveis investigadas. Estes mesmos óleos também esboçaram efeitos significativos para o volume do “jardim fúngico”. De uma maneira geral, ambos possuem bioatividade sobre o comportamento da saúva do nordeste provocando repelência no inseto.

ABSTRACT

The insects are the man's largest competitors for the hegemony of the earth. This research aimed to investigate the activity of six vegetable oils in the behavior of the northeastern leafcutting ant, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939. Colonies of Atinários of Experimentação Fitossanitária's Nucleus (NUCLEF), of the Center of Agrarian Sciences of the Federal University of Ceará, campus of Pici, sito in Fortaleza, Ceará, Brazil. The vegetable oils of jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.; *Rutaceae*), and its chemical representative 2-tridecanona; eucalyptus (*Eucaliptus citriodora* Hook.; *Mirtaceae*), representatives chemical citronelol and citronelal; alecrim pepper (*Lippia aff. sidoides* Cham.; *Verbenaceae*) and NIM (*Azadirachta indica* A. Juss; *Meliaceae*) used in the research they were supplied by the Department of Organic and Inorganic Chemistry of the Center of Sciences of the Federal University of Ceará (UFC). The solvent constituted by etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), acetone ($(\text{CH}_3)_2\text{CO}$) and distilled water, after its elaboration, it was mixed immediately to the oil to be tested. The mixture (oil + solvent) it was placed, separately, in each filter paper with the aid of a graduate pipette in the dosagens of 0,00 ppm (D0); 0,25 ppm (D1); 0,50 ppm (D2); 1,00 ppm (D3) and 2,00 ppm (D4). The evaluation of the behavior of the rehearsed insects was obtained in function of seven types of answers that integrated the cast of observations: total movement (MT); access to the provision area (AAP); access to the filter paper (APF); territory demarcation in the provision area (MTAP); territory demarcation in the filter paper (MTPF); exploration of the provision area (EAP) and identification of the incentive sources (IFE). they were logged, also, referring data to the values of "garden fúngico", in cm^3 , during the seven subsequent days to the rehearsals. The used experimental delineamento was it blocks casualizados in an outline fatorial $6 \times 5 \times 10$ for the variable access to the filter paper (APF) and territory demarcation in the filter paper (MTPF) and $6 \times 4 \times 10$ for the others. To the variable "garden

fúngico" the delineamento was maybe used in blocks (10x5). The averages were tested to the level fiducial of 1% being used the test of Tukey. The association degree among the variables in study was measured through correlation of Pearson. Among the tested oils, the one of rosemary pepper (*Lippia aff. sidoides* Cham.) and 2-tridecanona, chemical representative of the oil by jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), they stood out for the investigated variables. These same oils also sketched significant effects for the volume of the "garden fúngico". With one generality manner, both possess bioatividade about the behavior of the sauva of the northeast provoked repellence in insect.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Insetos

1.1.1. Considerações Gerais

Os insetos têm vivido na Terra há cerca de 300 milhões de anos – comparado com menos de 1 milhão para o homem – e, durante este tempo, evoluíram em muitas direções para se tornarem adaptados para a vida em quase todos os tipos de habitat. Na sua evolução, *resolveram* de muitas formas os vários problemas com os quais o homem ainda luta – problemas de suprimento de alimento, proteção contra inimigos, adaptação a condições ambientais específicas e organização social (BORROR; DeLONG, 1988).

Os insetos são os maiores competidores do homem pela hegemonia da terra. De fato, se o homem conseguiu dominar a maioria e, mesmo, extinguir alguns dos animais terrestres, os insetos, como um grupo, permanecem como a única barreira biótica ao domínio humano total (PANIZZI; PARRA, 1991).

Para Borrer e DeLong (1988) os insetos são o grupo dominante de animais na Terra. Ultrapassam de longe, em número, todos os outros animais terrestres e ocorrem praticamente em todos os lugares. Várias centenas de milhares de tipos diferentes foram descritas – três vezes o que há no resto do reino animal. Suas populações freqüentemente alcançam muitos milhões por hectare.

Os autores definem o mundo dos insetos como sendo rico no pitoresco, no incomum e mesmo no fantástico. Uma variedade quase interminável de peculiaridades estruturais e fisiológicas e de adaptações a diferentes condições de vida pode ser encontrada entre estes animais. Muitos insetos são extremamente valiosos para o homem e sem eles a sociedade humana não poderia existir na sua forma presente; pelas suas atividades polinizadoras, possibilitam a produção de muitas colheitas agrícolas, incluindo a maioria das frutas de pomares, as plantas

forrageiras, muitas verduras, o algodão e o fumo; fornecem-nos mel e cera de abelha, seda e outros produtos de valor comercial; servem como alimento para muitas aves, peixes e outros animais; prestam serviços como predadores; auxiliam a manter os animais e plantas nocivas sob controle; têm sido úteis na medicina e em pesquisa científica. É bem verdade que alguns insetos são nocivos e causam anualmente perdas enormes em colheitas agrícolas, produtos armazenados e na saúde do homem e dos animais.

O impacto dos insetos na economia e na saúde humana é consequência primordial dos seus hábitos alimentares. Insetos fitófagos destroem alimentos e fibra antes e após a colheita. Formigas e cupins são capazes de abalar os alicerces dos abrigos humanos. Insetos hematófagos transmitem doenças. Fraenkel (1959) reconheceu que, embora o dano causado por insetos resultasse dos processos de alimentação, estes processos eram estudados e conhecidos apenas de maneira superficial. Desde então o campo de estudo das interações tróficas tornou-se um dos mais prolíficos da pesquisa ecológica.

Witham (1990), *apud* Panizzi e Parra (1991), evidenciou a variabilidade química intra-específica e mesmo dentro dos diversos estratos de uma mesma planta. Por outro lado, trabalhos sobre a auto-seleção de dietas desenvolvidos por Waldbauer e Friedman (1991), *apud* Panizzi e Parra (1991), demonstraram que certos insetos são capazes de discriminar dietas de acordo com o seu teor protéico ou de carboidratos; estes insetos, se têm a opção, consomem quantitativamente uma ou outra dieta até otimizar o balanço C/N da dieta. A complexidade dessas interações tróficas levou ao estabelecimento do campo da ecologia nutricional, o que integra os processos de seleção do hospedeiro com a fisiologia de nutrição.

Os seres vivos, em geral, são um reflexo daquilo que consomem, e este fato evidencia a importância do alimento para os organismos. No caso dos insetos, muitos aspectos da sua biologia, incluindo o comportamento, a fisiologia e a ecologia, estão, de uma ou outra maneira, inseridos dentro de um contexto nutricional. Além da quantidade, a qualidade e proporção de nutrientes presentes no alimento, a presença de compostos secundários ou não-nutricionais

(aleloquímicos), também causam um impacto variável na biologia dos insetos, determinando a sua capacidade de contribuição reprodutiva para a geração seguinte (PANIZZI; PARRA, 1991).

Segundo estes mesmos autores, os estudos com relação à nutrição de insetos evoluíram nas três últimas décadas, desde a definição das exigências nutricionais básicas para a sua sobrevivência e reprodução, até a avaliação da sua influência no comportamento e fisiologia dos insetos, com consequências ecológicas e evolucionárias.

1.1.2. Nutrição de Insetos

Os estudos na área de nutrição dos insetos passaram por uma série de transformações. Inicialmente, as pesquisas se concentraram em determinar os hábitos alimentares e as exigências nutricionais qualitativas (aminoácidos, vitaminas, sais minerais, carboidratos, esteróis, lipídios, ácidos nucléicos e água) necessárias para o desenvolvimento e a reprodução normal dos insetos. Neste contexto, vários trabalhos foram publicados [por exemplo, a revisão da nutrição e metabolismo de insetos (UVAROV, 1928), o regime alimentar dos insetos (BRUES, 1946) e os clássicos trabalhos de G. Fraenkel, reunidos de forma sucinta em Fraenkel (1959)]. Estes estudos permitiram o desenvolvimento de dietas artificiais (SINGH, 1977; SINGH e MOORE, 1985), as quais propiciaram condições para a criação em massa de insetos em laboratório, com utilidades múltiplas em programas de manejo de pragas como, por exemplo, em controle biológico, genético, técnica do macho estéril, produção de feromônios, entre outros.

Gradativamente, além do estudo nutricional qualitativo, o enfoque quantitativo, envolvendo concentrações e proporções de nutrientes, passou a ser abordado (PANIZZI; PARRA, 1991).

A chamada “dietética de insetos” (BECK, 1972; BECK e REESE, 1976) ou “nutrição quantitativa” (SCRIBER; SLANSKY, 1981) expandiu-se.

envolvendo aspectos comportamentais e fisiológicos dos insetos, que variam segundo a presença de diferentes nutrientes e compostos secundários ou não-nutricionais (aleloquímicos). Além de fatores bióticos, fatores abióticos condicionam as respostas comportamentais e fisiológicas; a “decisão” de migrar ou entrar em diapausa com a queda de temperatura e diminuição do fotoperíodo, ou aumentar a produção metabólica de água frente a condições de baixa umidade.

Para Panizzi e Parra (1991), considerando-se um ambiente ideal, isto é, fatores abióticos (luz, temperatura e umidade), em condições ideais, e fatores bióticos (alimento em abundância e de elevada qualidade nutricional, ausência de inimigos naturais, entre outros), o inseto atinge o seu potencial fisiológico máximo no desempenho de suas atividades biológicas, com uma consequente contribuição reprodutiva para a próxima geração ao nível máximo. Considerando-se o ambiente natural, o qual apresenta variações nos seus componentes abióticos e bióticos, ocorre redução no potencial fisiológico do inseto e, em consequência, redução na sua capacidade de contribuição reprodutiva. Após a avaliação do ambiente pelo inseto, segue-se uma “tomada de decisão” e surge a resposta como resultado aos estímulos captados.

1.1.3. Semioquímicos

Crescimento, desenvolvimento e reprodução de insetos são diretamente correlacionados com a quantidade e qualidade de alimento ingerido. A ingestão do alimento depende dele ser encontrado, estar disponível, ser aceito, digerível, assimilável e apto a fornecer todos os nutrientes exigidos para produção de energia e aumento de biomassa. Existem, além dos nutrientes, outros componentes químicos, sem valor nutritivo, mas que são fundamentais na seleção do hospedeiro. São os semioquímicos, que incluem atraentes, estimulantes de alimentação, repelentes, deterrentes e muitos outros componentes, que são precursores ou fontes de hormônios, feromônios, cairomônios e alomônios e que

estão envolvidos na cópula, oviposição, defesa e outros fenômenos inter e intra-específicas em insetos (PANIZZI; PARRA, 1991).

Os semioquímicos são componentes químicos que mediam interações entre organismos (LAW; REGNIER, 1971). Esta mediação é feita por feromônios se a interação for intra-específica, e por aleloquímicos se for interespecífica. Os aleloquímicos são componentes químicos sem valor nutricional, que são produzidos por um indivíduo de uma espécie e que afetam o crescimento, sanidade, comportamento ou biologia populacional de outra espécie (WHITTAKER, 1970). Podem ser divididos em alomônios, cairomônios, sinomônios e apneumônios (NORDLUND, 1981). Os alomônios induzem respostas em indivíduos de outras espécies e que favorecem o emissor. Muitos alomônios são essencialmente defensivos, ou seja, tóxicos ou repugnantes aos ataques potenciais. Entretanto, o odor que atrai abelhas e que, portanto, facilita a polinização, é um alomônio. Os cairomônios são compostos ou misturas de compostos químicos emitidos por um organismo que induz uma resposta em um indivíduo de outra espécie favorecendo o receptor. Um odor de uma planta que a torne mais facilmente identificável por uma praga, é um cairomônio. No caso dos sinomônios as substâncias químicas são produzidas por uma espécie e recebidas por uma outra, sendo que ambas são beneficiadas. Os apneumônios são compostos de hospedeiros não-vivos que atraem parasitóides (VINSON, 1984).

Uma gama bastante diversificada de compostos naturais caracteriza os sinais químicos dos himenópteros eusociais. Aspectos fenológicos correlacionados com a produção de feromônios demonstraram que os indivíduos estão programados para biossintetizar compostos específicos com grande precisão temporal. Rainhas e operárias produzem feromônios casta-específicos que evoluíram para regular a multiplicidade de interações sociais importantes (BLUM, 1988).

Operárias de saúva da mata (*Atta cephalotes* Linné, 1758) ao encontrarem uma fonte de provisão recrutam as outras com o auxílio de uma trilha deixada pela emissão de uma substância química, quando do toque da extremidade do gáster na superfície do solo. A quantidade do feromônio na trilha

determina o grau de recrutamento. À medida que a intensidade do odor aumenta, as operárias tendem a seguir a trilha, até o final, sem sofrerem influência de qualquer outra fonte de provisão. O acompanhamento de trilha pode também ser induzido com o extrato obtido da glândula de veneno ou com o principal componente sintético do feromônio de trilha, metil-4-metil-pirrole-2-carboxilato (HOWSE, 1986; TUMLINSON et al., 1972). Em qualquer das situações, o recrutamento a uma fonte de provisão diminui acentuadamente após 5 ou 10 minutos, a menos que as operárias encontrem a provisão. Neste caso, a trilha é reforçada. Este fenômeno contrasta com o comportamento das operárias que acompanham uma trilha natural onde parecem reforçar a via que se deslocam, com toques da extremidade do gáster. A trilha do extrato da glândula de veneno ou a do metil-4-metil-pirrole-2-carboxilato não possuem o elemento autoestimulatório que ajuda manter sua existência (HOWSE, 1986).

Muitos constituintes químicos são volatilizados ou perdidos através da exsudação radicular ou áreas de ativo crescimento nas plantas, ou ainda, através de decomposição de resíduos. As plantas não vasculares e os microorganismos são, também, doadores. Alguns compostos orgânicos que ganham o meio ambiente são inibidores do crescimento e desenvolvimento das espécies receptoras. Por outro lado, certos aleloquímicos surgem após a transformação pelo metabolismo microbiano. O ciclo dos aleloquímicos passa pelo solo e pelas comunidades terrestres. Em algumas circunstâncias, compostos de lixiviação e voláteis podem ser transferidos diretamente entre plantas. A atividade biológica dos aleloquímicos é ampliada pela degradação de produtos. As raízes do pessegueiro liberam amidalina ($C_{20}H_{27}O_{11}$), glicosídeo cianogênico que, eventualmente, se degrada em ácido cianídrico (HCN) e benzaldeído (C_7H_6O). A deposição de florizina ($C_{21}H_{24}O_{10}$) nos pomares de macieira leva à produção de floriglucinol ($C_6H_6O_3$). Os tecidos de algumas plantas da família *Juglandaceae* contêm hidrojaglone que se oxida a uma substância de maior toxicidade, juglone ($C_{10}H_6O_3$) quando exposto ao ar. Estes poucos exemplos demonstram os princípios comuns das transformações dos aleloquímicos e estas alterações não podem ser interpretadas como caminhos de desintoxicação. Embora alguns

aleloquímicos sofram alterações rápidas, outros, como a cafeína, alcalóide do café, *Coffea arabica* L., tem considerável ação antimicrobiana, favorecendo assim, a sua retenção no meio ambiente (EINHELLIG, 1995).

Alguns dos mais, ecologicamente, ativos compostos vegetais são metabólitos secundários. Entretanto, a distinção entre compostos primários de origem vegetal e compostos secundários de mesma origem está longe de ser absoluta, quer sob o ponto de vista químico ou ecológico. Enquanto os metabólitos primários (carboidratos, aminoácidos, bases de purina e pirimidina, lipídios), são amplamente dispersos na natureza e desempenham funções vitais entre os seres vivos, os metabólitos secundários (alcalóides, terpenos, flavonóides, esteróides, taninos e outros) têm distribuição limitada entre os organismos, frequentemente, com valor de sobrevivência pouco evidente fora do contexto ecológico. Não obstante o papel fisiológico de vários compostos secundários das plantas continuar obscuro, sua função ecológica é atualmente reconhecida, mesmo no seio dos químicos orgânicos desprovidos de qualquer orientação ecológica. A diversidade, a multiplicidade e os padrões singulares de ocorrência dos compostos secundários dos vegetais e os padrões de preferência pelas plantas hospedeiras, nos insetos oligófagos, contribuíram para a formação das teorias de interações entre planta/inseto e a coevolução. A teoria anti-herbivoria de coevolução sugere que a maioria dos compostos secundários das plantas evoluiu para o exercício de funções alomonais de modo defensivo. A adaptação recíproca de herbívoros especialistas resultou não apenas na evolução dos mecanismos que tornam os compostos ineficientes, pela desintoxicação ou comportamento de recusa, mas também, pela conversão de alomônios em queromônios, sinais (pistas), para localizar e alimentar-se de hospedeiro ou excitação na oviposição. Conseqüentemente, muitos dos compostos secundários das plantas são alomônios defensivos para a maioria da fauna simétrica (relação geográfica de espécies e subespécies diferentes que ocorrem juntos em áreas de distribuição que coincidem ou se justapõem) e queromônios para alguns insetos oligófagos nas plantas produtoras de aleloquímicos. Como a posição taxinômica das plantas e suas características fitoquímicas estão

intimamente relacionadas, a classificação dos hábitos alimentícios dos insetos tem sido, de um modo geral, baseada na taxinomia dietética. Portanto, insetos monófagos, oligófagos e polífagos são considerados aqueles associados a uma ou poucas espécies de plantas dentro de um gênero, alguns gêneros dentro de uma família ou diferentes famílias, respectivamente (KOGAN, 1986).

O comportamento e o sucesso das saúvas como espécie estão diretamente associados aos semioquímicos. Flores de *Mahonia aquifolium* (*Berberidaceae*) são fontes de queromônios para a saúva limão, *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 e incitam todo ritual de busca, corte e transporte do substrato vegetal até às panelas vivas (SALES, 1986). Este mesmo tipo de fenômeno foi, também, evidenciado com a saúva do Nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 em flores da leguminosa cesalpinoidea, *Senna siamaea* (Lam.). Estas flores alojam queromônios que desencadeiam as reações de busca de provisão neste inseto. O extrato ativo foi removido, eficientemente, com tênue corrente de ar flitrado e, o princípio ativo retido em carvão ativado. O diclorometano proporcionou remoção integral dos componentes queromonais (SALES, 1998).

Segundo este mesmo autor, a análise cromatográfica, espectral de massa, computadorizada revelou que as flores de *Senna siamaea* retêm: 2-metil-2,4-pentanodiol; decano; *n*-deceno; *n*-undecano, *n*-tridecano; 6-metil-5-hepten-2-ona; *n*-octadecano; *cis*-ocimeno e linalol. Estes são os principais constituintes queromonais que incitam as reações de busca, corte e transporte do suprimento floral nas operárias da saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939.

Os fatores que afetam o procedimento de besouros em grãos armazenados, com particular referência ao desenvolvimento de iscas, foram estudados por Cox e Collins (2002). Os autores investigaram cinco espécies: *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Sitophilus granarius* (L.), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens), *Typhaca stercorca* (L.) e *Ahasverus advena* (Waltl). Após a análise dos grãos armazenados, especial atenção foi dada ao comportamento associado à movimentação, distribuição dos insetos nos grãos empilhados e sua resposta à alimentação. Fontes potenciais de novos semioquímicos foram identificadas. A presença de grãos danificados, gradientes

de temperatura e umidade em grãos empilhados podem agir como atrativos. A densidade populacional e a competição inter- e intra-específica mostraram-se de fundamental importância para o desenvolvimento de iscas mais eficazes.

1.1.4. Ordem *Hymenoptera* Linneu, 1758*

Compreende os insetos conhecidos por abelhas, vespas, formigas etc. Ocupa o terceiro (3^o) lugar em número de espécies, situando-se logo após os coleópteros (insetos pertencentes a Ordem *Coleoptera*) e lepidópteros (insetos pertencentes a Ordem *Lepidoptera*) (GALLO et al., 1988).

O mesmo autor descreve-os como insetos geralmente pequenos ou médios. Os maiores alcançam aproximadamente 70 mm (gênero *Pepsis*). Compreende, ainda, os menores insetos conhecidos, como alguns microhimenópteros de 0,25 mm da superfamília *Chalcidoidea*. Os himenópteros são considerados os insetos mais evoluídos.

A ordem *Hymenoptera* Linneu, 1758* (*hymen* = membrana; *ptera* = asas) é dividida em duas subordens: *Symphyla* e *Apocrita*. *Symphyla* inclui as moscas-de-serra (*Tenthredinidae* e *Pergidae*), cujas larvas assemelham-se a lagartas de *Lepidoptera* e são consideradas como o grupo mais próximo dos ancestrais dos *Hymenoptera*, e as vespas da madeira (*Siricidae*). Os *Symphyla* adultos podem ser vegetarianos, predadores ou alimentar-se de néctar e pólen (ROSS et al., 1982).

As larvas de *Apocrita*, que inclui a maioria das espécies de *Hymenoptera*, apresenta um intestino médio fechado posteriormente e que se apresenta desconectado do intestino posterior até a época da pupação. Conseqüentemente, o intestino médio torna-se enormemente distendido com os resíduos não digeridos de alimento, que só são evacuados pouco antes da pupação (RICHARDS; DAVIES, 1977).

A despeito dos muitos estudos que existem sobre nutrição e digestão de *Hymenoptera*, o conhecimento do processo digestivo desses insetos é fragmentário (PANIZZI; PARRA, 1991).

As formigas cortadeiras de folhas do gênero *Atta* cultivam fungo, sua única fonte de alimento, em material vegetal fresco coletado na floresta dos arredores. As *Atta* operárias defecam sobre o material vegetal antes de incorporá-lo aos seus jardins fúngicos (WEBER, 1972). O fluido fecal possui proteinases (BOYD; MARTIN, 1975a), pectinase, celulase, amilase e várias dissacaridasas (MARTIN et al., 1975). Uma vez que se descobriu que as proteinases de *Atta* são idênticas àquelas dos fungos cultivados (BOYD; MARTIN, 1975b), esses autores concluíram que as proteinases fecais são derivadas do micélio ingerido pelas formigas. Baseados neste fato, os autores sugeriram que as outras hidrolases fecais são também derivadas dos fungos. A defecação sobre o material vegetal foi interpretada como um recurso para iniciar a degradação do tecido vegetal, facilitando, assim, o crescimento do fungo. Esta interpretação assume que não é necessário para as formigas produzir enzimas digestivas capazes de degradar completamente carboidratos e proteínas do micélio, a fim de produzir aminoácidos e monossacarídeos suficiente para a sua nutrição. A despeito do fato de que o micélio contenha uma rica mistura de carboidratos e aminoácidos livres (MARTIN; CARMAN; MACCONNELL, 1969), mais resultados sobre as hidrolases envolvidas na digestão terminal de formigas cortadeiras de folhas são necessários antes que se possa propor um modelo para a digestão nessas formigas.

Uma fisiologia digestiva que se aproxima daquela das formigas cortadeiras de folhas é observada entre as vespas da madeira. Larvas do gênero *Sirex* são capazes de digerir e assimilar constituintes da madeira, incluindo celulose e hemicelulose. Entretanto, pelo menos duas das enzimas relevantes, celulase e xilanase, não são produzidas pelas larvas, mas adquiridas dos fungos em simbiose com a madeira que elas ingerem (KUKOR; MARTIN, 1983).

Abelhas adultas (*Apis mellifera*) ingerem néctar e pólen. O néctar, que contém principalmente sacarose é armazenado no papo, que em todos os

Aculeata é chamado de estômago de mel e que jaz na extremidade distal do esôfago. A sacarose é então hidrolisada sob a ação de uma sacarase (α -glicosidase) presente na secreção das glândulas hipofaringeanas. O material estocado no estômago de mel pode ser regurgitado ou passado para o ventrículo, conforme as necessidades. Os grãos de pólen ingeridos vão para o estômago de mel, de onde são seletivamente passados através do proventrículo, permanecendo no interior da membrana peritrófica (BARKER; LEHNER, 1972). Na baixa pressão osmótica do ventrículo, os grãos de pólen incham, resultando na extrusão do protoplasma (KROON; VAN PRAAGH; VELTHUIS, 1974). Esta hipótese foi confirmada por Klungness e Peng (1984a,b) que mostraram por histoquímica e em microscópio eletrônico de varredura que, embora as paredes dos grãos de pólen estivessem parcialmente digeridas, elas ainda mantinham a sua estrutura. Apesar dos estudos reportando as propriedades de algumas enzimas digestivas de abelha (TERRA, 1988), um modelo detalhado para a digestão do material liberado dos grãos de pólen ou presentes em sua parede ainda não existe. As larvas de *Apis mellifera* são alimentadas pelas operárias com uma secreção glandular chamada geléia real ou com uma mistura de geléia real com mel e pólen (HAYDAK, 1970). Os detalhes da fisiologia digestiva das larvas de abelha são, entretanto, desconhecidos.

Os dados existentes não são suficientes para apoiar uma hipótese sobre as características da fisiologia digestiva dos ancestrais dos *Hymenoptera*. A maioria dos estudos sobre *Hymenoptera* refere-se a insetos adultos das famílias mais evoluídas, onde as relações tróficas são muito complexas devido à sua organização em sociedades (PANIZZI; PARRA, 1991).

Um estudo comparativo sobre hormônios *hypertrehalosaemicos* em *Hymenoptera* foi realizado por Lorenz et al. (2001). Os autores determinaram a sequência e os modos de ação fisiológica e biológica de um novo peptídeo (Tea-HrTH;pQLNFSTGWGG-NH₂) em *Tenthredo arcuata*. Os peptídeos *hypertrehalosaemicos* encontrados em cinco espécies de *Bombus* e na vespa *Polistes fuscata* foram semelhantes ao hormônio adipocinético II do gafanhoto do

deserto, *Schistocerca gregária*, (Scg-AKH-II) enquanto que os peptídeos *hypertrehalosaemicos* apresentados por *Vespula vulgaris* e *Vespa crabro* assemelharam-se com o hormônio adipocinético do grilo, *Gryllus bimaculatus*, (Grb-AKH). Todas as espécies examinadas têm uma ampla capacidade de armazenamento (1/3 de seu peso corpóreo). Rainhas de *Polistes fuscata* apresentaram grande suprimento de carboidratos e lipídios no abdômen e conseqüentemente foram capazes de sobreviver por meses em jejum. Operárias de *Bombus hortorum*, *Apis mellifera* e *Vespula vulgaris* têm pouca ou nenhuma gordura corpórea. Após injeções de extratos contendo peptídeos sintéticos não foi verificado aumento significativo na quantidade de carboidratos presentes na hemolinfa de operárias de *Bombus hortorum* ou em machos e fêmeas de *Tenthredo arcuata*. Um aumento moderado foi observado em rainhas de *Polistes fuscata* e em operárias de *Vespa crabro*. Operárias de *Vespula vulgaris* responderam a injeções contendo o seu próprio peptídeo *hypertrehalosaemico*.

A trealose (Glc(α 1 \rightarrow α 1)Glc) é um dissacarídeo de D-glicose e, como a sacarose, é um açúcar não-redutor; os carbonos anoméricos das suas duas metades de glicose estão envolvidos na ligação glicosídica. A trealose é, também, o principal constituinte da hemolinfa, o fluído circulante dos insetos, a qual serve como um composto de armazenamento de energia (LEHNINGER; NELSON; COX, 1995).

A ordem *Hymenoptera* Linneu, 1758* talvez seja, do ponto de vista humano, a mais útil de toda a classe dos insetos; contém numerosos insetos de valor como parasitos ou predadores de muitos insetos daninhos e, também, os mais importantes na polinização das flores (abelhas). Os *Hymenoptera* constituem, biologicamente, um grupo muito interessante, pois exibem grande diversidade de hábitos e de complexidade de comportamento que culminam na organização social de vespas, abelhas e formigas (BORROR; DeLONG, 1988).

1.1.5. As Formigas

A palavra *formiga* deriva do ácido fórmico. Esta substância é produzida pela glândula ácida das formigas, particularmente daquelas pertencentes à subfamília *Formicinae*. Entretanto, a maioria das formigas não tem ácido fórmico e pertencem à subfamília *Myrmicinae* (BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1998).

As formigas são elementos importantes, altamente organizados em comportamentos, e sempre captaram a imaginação do homem. Pertencem à família *Formicidae* (*Insecta: Hymenoptera: Aculeata*) e são todas eusociais, isto é, apresentam como alguns outros *Hymenoptera* e os *Isoptera*, as três características que definem o comportamento dito verdadeiramente social em insetos: (1) superposição de, ao menos, duas gerações em determinado instante do desenvolvimento colonial, com (2) indivíduos estéreis e reprodutivos, e (3) cuidado cooperativo com a prole (WILSON, 1971). Diferem das abelhas e vespas em muitos aspectos. As formigas são os animais dominantes na maioria dos ecossistemas terrestres (WILSON, 1987a) e, portanto, têm papéis importantes nos fluxos de energia e nutrientes ao nível de ecossistema. Não possuem asas, pelo menos as operárias, e são restritas à procura de alimentos sob a superfície, que pode ser o solo, a serrapilheira ou as plantas.

Como o alimento encontrado é levado ao ninho, colônias de formigas usam forrageamento do tipo lugar central (ORIAN; PEARSON, 1979), como outros insetos solitários. Os sistemas de procura e captação de alimento também são sistemas de otimização (OSTER; WILSON, 1978) e é possível se estudar as limitações energéticas dos mesmos.

Wilson (1971) demonstrou que é possível visualizar uma colônia de formiga como uma máquina, cuja função é otimizar a produção dos sexuais, únicos indivíduos reprodutivos. Segundo o autor, pode-se estudar a procura, escolha e recuperação ou exploração de alimentos do ambiente como sistemas filtradores. O alimento é escolhido para a manutenção das operárias e rainhas (carboidratos) e para a produção de ovos e crescimento das larvas (sais minerais e proteínas).

Estima-se que existam cerca de 15.000 espécies de formigas, das quais apenas 8.000, aproximadamente, estão descritas. Destas, menos de 3.000 foram registradas para a região Neotropical, isto é, Américas do Sul e Central, incluindo todas as Antilhas. Esta grande diversidade de espécies reflete-se na enorme variedade de habitats de nidificação, preferências alimentares, divisão de trabalho, defesa, etc. Assim, as formigas, representam uma ramificação evolutiva que obteve muito sucesso ecológico (WILSON, 1987a).

Em geral, as sociedades de formigas ocupam ninhos mais ou menos fixos, com até milhões de indivíduos, mas pode-se também encontrar colônias nômades e populações bastante reduzidas, com menos de 20 indivíduos adultos. Os modos de fundação colonial determinam, em grande parte, o comportamento posterior das colônias e, em geral, fêmeas reprodutoras (rainhas) são os indivíduos que selecionam os locais de nidificação após o vôo de dispersão (revoada) (BARONI-URBANI; PISARSKI, 1978).

As formigas constituem o grupo dominante de organismos na mesofauna de solo em áreas de *Eucaliptus citriodora* e matas secundárias heterogêneas localizadas perto de Niterói (RJ) (VALLEJO; FONSECA; GONÇALVES, 1987). Em conjunto com os determinados cupins, certas formigas foram os primeiros animais a visitar uma carcaça encontrada em uma área do estado de São Paulo (MONTEIRO; PENEREIRO, 1987).

Em um estudo sobre a morfologia e classificação dos solos de um sítio na Nigéria (África), Esu (1986) determinou que as formigas e cupins são os agentes orgânicos dominantes nos processos de formação do solo, por meio de suas atividades de construção de túneis, galerias e câmaras subterrâneas.

As formigas constituem, também, o item alimentar mais importante da dieta de vários animais, especialmente certas aves, senão em termos de abundância, pelo menos quanto à constância ao longo do ano (BELTZER, 1987). Em termos de abundância relativa (WILSON, 1987b; FITTKAU e KLINGE, 1973), constituem aproximadamente um terço da biomassa de insetos nas florestas tropicais úmidas da América do Sul.

Uma das características comportamentais mais importantes das formigas para entender seus requisitos nutricionais é o cuidado com a prole. As formigas, como todos os insetos holometábolos, passam por uma fase de larva, cujos hábitos e necessidades alimentares são muitas vezes completamente diferentes dos adultos. Em geral, a fase de larva corresponde a uma etapa de crescimento e desenvolvimento, enquanto a fase adulta é dirigida à reprodução, o que envolve basicamente manutenção e recuperação dos tecidos. Na fase larval, os insetos holometabólicos necessitam de elementos nutricionais estruturadores do organismo (proteínas, sais minerais e vitaminas). A necessidade de tais elementos para a recuperação de células de indivíduos adultos é significativamente mais baixa. Após completado o desenvolvimento, as operárias obtêm o alimento necessário para suprir suas necessidades energéticas, gorduras e açúcares, enquanto coletam alimento para larvas. Essas ocasiões são, às vezes, difíceis de serem notadas pelo observador, por serem muito rápidas, o que leva a conceitos errados de que as formigas adultas “comem” aquilo que estão coletando (PANIZZI; PARRA, 1991).

Para os autores, generalizando-se bastante, poder-se-ia catalogar alguns padrões comportamentais, com ênfase nos aspectos nutricionais, das subfamílias de formigas que ocorrem na região Neotropical.

Independentemente da origem filogenética todas as formigas têm sistemas de comunicação muito complexos. Os sistemas de procura e captura de alimentos também são sistemas de otimização. Estes mirmicíneos têm sistemas complementares para aumentar a eficiência destes sistemas de forrageamento, os quais dependem de sistemas de comunicação, geralmente na forma de feromônios (JAFFÉ, 1984a,b).

Os *Myrmicinae* tiveram sua origem, provavelmente, a partir de ancestrais semelhantes a alguns poneríneos atuais. É a subfamília mais abundante e a que apresenta maior diversidade de hábitos na região Neotropical e no mundo. Membros de suas tribos, *Dacetini* e *Basicerotini*, habitam o húmus intersticial, onde se alimentam principalmente de insetos da ordem *Collembola*. As tribos *Solenopsidini* e *Crematogastrini* podem apresentar associações com plantas ou

com homópteros. *Pheidolini* é especializada na coleta e armazenagem de sementes, atuando de forma decisiva na dispersão de algumas plantas. A tribo endêmica das Américas, *Attini*, onde estão reunidas as criadoras de fungos, cortam folhas para servir de substrato ao crescimento de uma espécie particular de fungo, que por sua vez, será o alimento das formigas em todas as fases de sua vida. Nesta tribo estão incluídos os gêneros *Atta* e *Acromyrmex*, conhecidos popularmente como saúvas e quem-quens, respectivamente. Entre os *Myrmicinae* observa-se vários estágios de desenvolvimento social, mas, em geral, a coleta de alimentos é feita de forma cooperativa entre as operárias, e se baseia em formas mais ou menos complexas de recrutamento por via feromonal (BEATTIE, 1985).

Grande parte dos gêneros tem ampla distribuição no mundo. Alguns reúnem centenas de espécies, na sua maior parte, descritas de forma imperfeita. Generalizando-se, pode-se dizer que os *Formicinae* têm dieta líquida, mantêm associações com homópteros (membracídeos e afídeos) e não têm ferrão funcional. Suas glândulas de veneno são modificadas para produzir substâncias importantes na comunicação química (feromônios): marcação de trilhas, reconhecimento da colônia, recrutamento entre operárias e alarme (SUDD; FRANKS, 1987).

As formigas do gênero *Atta* ocorrem somente no continente americano, sendo que sua área de dispersão geográfica situa-se entre os extremos de 33 graus de Latitude Norte e 44 graus de Latitude Sul, abrangendo desta maneira, as áreas entre os paralelos que cortam as cidades de Forth Worth, Texas, Estados Unidos e Las Plumas, no sul da Argentina. No tocante a dispersão vertical, em relação à altitude, as saúvas podem ser encontradas em extratos de até 2.500m (SALES, 1998). Porém, não há saúvas no Chile, em algumas ilhas do Caribe e Canadá, sendo que no Brasil não foi ainda, registrada a sua presença na Ilha de Fernando de Noronha (MARICONI, 1970). O Estado do Ceará abriga em seus ecossistemas três espécies de saúvas, destacando-se com maior abundância a saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (SALES et al., 1982/85; BASTOS, 1988).

As saúvas apresentam vida social complexa, organizadas em sociedades e destacando como característica marcante o polimorfismo, cuja população é composta por indivíduos que se diferenciam morfológicamente de acordo com os trabalhos que executam, constituindo um sistema de castas bem definidas. De acordo com Wilson (1971) são encontradas três castas fêmeas básicas: o soldado, a operária e a rainha. Gallo et al. (1988), afirmam que as operárias constituem a grande população dos sauveiros e são responsáveis pela alimentação da colônia. São castas permanentes, ápteras e estéreis, dividindo-se em três categorias de acordo com seu tamanho (grande, médias e pequenas). As grandes são denominadas de *soldados*, e são responsáveis pela defesa da colônia e podem, às vezes, cortar folhas. As *operárias* médias cortam e transportam os pedaços de folhas para os sauveiros, sendo conhecidas por cortadeiras. As pequenas conhecidas por *jardineiras* trituram as folhas, arranjam-nas nas painéis e, sobre este material cultivam o fungo, sendo dotadas de grande sensibilidade olfativa, refugando todo o material estranho que tenha sido trazido ao formigueiro. Acrescenta-se ainda, as castas temporárias, sexuadas e aladas representadas pelas fêmeas, içás ou tanajuras e pelos machos denominados bitus.

De acordo com Mariconi (1970) as saúvas apresentam metamorfose completa. As etapas de desenvolvimento do ciclo evolutivo são: ovo, larva, pupa e adulto. Portanto, a larva não se assemelha ao inseto adulto. A larva cresce e se alimenta, ao passo que a pupa, não. Já Weber (1966) relata que o período médio de desenvolvimento para as diversas fases do ciclo evolutivo é: período de pré-oviposição, 5 dias; período de incubação, 22 dias; período larval, 22 dias; período pupal, 10 dias

Gallo et al. (1988) relatam que nem todas as içás conseguem fundar formigueiros, pois cerca de 99,95% são destruídas pelos seus inimigos naturais e outros fatores. Sales e Pequeno (1991a) afirmam que as fases de maior vulnerabilidade de uma colônia de saúvas são cinco: a) início do vôo nupcial; b) período de 30 a 60 minutos após o retorno ao solo, quando da conclusão do vôo nupcial; c) lapso de 6 a 8 horas durante a escavação do canal inicial e construção da primeira painél; d) período de 80 a 100 dias em que a rainha permanece no

interior da panela cuidando da nova colônia; e) lapso de 15 meses compreendendo a abertura do primeiro olheiro a abertura do segundo.

A importância do estudo das formigas cortadeiras de folhas pertencentes ao gênero *Atta*, deve-se a sua vasta distribuição, aos prejuízos causados às plantações, ao elevado número de colônias que uma determinada área pode apresentar e ao controle difícil e oneroso. A formiga, como qualquer ser biológico, é o produto de um passado de seleção natural, o qual influi tanto na sua morfologia como no seu comportamento (PANIZZI; PARRA, 1991).

A influência de fatores mesológicos sobre a atividade comportamental de castas de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*), em área de terra solta ou sede aparente no período de fotofase, foi investigada por Braga (2000). O autor constatou que a movimentação de operárias de saúva do nordeste correlaciona-se diretamente com o deslocamento de terra solta e o transporte de provisão. A movimentação de içás e bitus, por sua vez, não estar correlacionada com nenhum dos fatores mesológicos estudados. O deslocamento de terra solta e a movimentação de operárias correlacionaram-se negativamente com a temperatura, mostrando que este fator exerce um efeito decrescente sobre a atividade de saúvas operárias. A umidade relativa influenciou diretamente o deslocamento de terra solta e a movimentação de operárias. As atividades de deslocamento de terra solta, transporte de provisão e movimentação de operárias apresentaram um baixo grau de correlação com a nebulosidade, evidenciando assim pouca influência sobre a atividade comportamental do inseto. A velocidade do vento exerceu uma influência inversa com as atividades de deslocamento de terra solta e movimentação de operárias. A precipitação pluvial correlaciona-se diretamente com as atividades de deslocamento de terra solta e movimentação de operárias, observando-se que a umidade do solo favoreceu positivamente a expansão do deslocamento de terra solta. É provável que este fator possa provocar um decréscimo inicial na atividade de busca de provisão de operárias de saúva do nordeste, porém o autor ressalta que informações complementares sobre este fenômeno são necessárias para a sua completa elucidação.

Oliveira Júnior (2000) estudando o comportamento da saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*), em área de periferia, observou que os fatores mesológicos mostraram correlação estreita com as atividades das operárias, influenciando assim o padrão comportamental. O atíneo apresentou picos de atividade para as variáveis deslocamento de terra solta, transporte de provisão e movimentação de operárias, com exceção da variável transporte de lixo. Os fatores mesológicos temperatura e velocidade do vento influenciaram negativamente as atividades comportamentais do inseto enquanto que umidade relativa, precipitação pluvial e nebulosidade influenciaram de modo positivo estas atividades. Verificou, ainda uma estreita relação entre as variáveis comportamentais, concluindo haver entre estas uma dependência, com uma forte associação nas suas atividades.

De modo sintético, três linhas de pesquisa acerca dos efeitos de extratos vegetais sobre operárias de formigas cortadeiras e/ou sobre seu fungo simbiote podem ser apontadas segundo Forti et al. (2001): (i) plantas tóxicas – descoberta de substâncias tóxicas à formiga e/ou ao fungo, presentes nas plantas, com a finalidade de sintetizá-las e utilizá-las como inseticida e/ou fungicida; (ii) extratos atrativos – incorporação às iscas tóxicas comerciais ou às embalagens de porta-iscas, visando aumentar sua atratividade e, conseqüentemente, aumentar as taxas de carregamento das iscas e de mortalidade de colônias; (iii) resistência de plantas – compreensão dos mecanismos químicos de seleção de plantas pelas formigas cortadeiras e utilização destes conhecimentos no manejo varietal da área cultivada.

Na linha de plantas tóxicas, os autores comentam que, as pesquisas com extratos orgânicos já permitiram identificar a sesamina, substância presente em *Sesamum indicum* e em *Virola sebifera*. A sesamina exerce efeitos tóxicos, em aplicação tópica, sobre operárias e efeito inibidor no crescimento do fungo simbiote da saúva-limão (*Atta sexdens*). Outras plantas estudadas foram a mamona, a batata doce, o inhame e a *Canavalia ensiformes*. Diversos compostos, presentes em extratos ou nas ceras foliares de plantas que escapam ao ataque das

formigas cortadeiras, são comprovadamente repelentes às operárias destes atíneos, em alguns casos por apresentarem efeito fungicida ou inseticida.

Na África e no sul da Ásia e em outras partes do Velho Mundo, onde não há formigas cortadeiras *Attini*, existem os cupins *Macroterminae* que ocupam o seu nicho criando fungos para sua alimentação. Não se sabe se este padrão complementar global de distribuição é resultado de exclusão competitiva ou não. A princípio parece que não, já que os *Attini* usam folhas frescas, enquanto os cupins usam material vegetal em decomposição. Além disso, os *Attini* também forrageiam sobre o solo, enquanto os cupins são primariamente subterrâneos (OLHANDO DE PERTO, 2002).

1.1.6. Características do Alimento que Influenciam sua Identificação

Os tipos de alimentos recolhidos pelas formigas são dos mais variados e dependem principalmente da espécie ou do grupo de espécies considerado, apesar de que a maioria das formigas tem um regime alimentar onívoro. *Acromyrmex* spp. e *Atta* spp., por exemplo, alimentam-se de um fungo cultivado por elas e da seiva das plantas recortadas para o sustento do cultivo (LITTEDYKE; CHERRETT, 1976).

Nas formigas *Attini*, a procura da matéria-prima para o cultivo do fungo, está diretamente relacionada com a função alimentar. Além da natureza física do alimento, outros fatores são importantes na escolha alimentar, como por exemplo, a forma, o som produzido e a mobilidade de uma presa potencial, assim como a cor, a resistência ao corte, a palatabilidade, o odor, etc (WALLER, 1982).

Em alguns casos, odores específicos facilitam a localização e a identificação da fonte alimentar, como o feromônio de trilha. Certas espécies marcam com feromônios pedaços de alimento grandes demais para serem carregados por um único indivíduo, provocando o recrutamento de operárias para ajudar no transporte (CARROLL; JANZEN, 1973); e, no caso específico das formigas cortadeiras, os pedaços de folhas são também marcados, o que facilita

seu transporte e sua introdução no “jardim de fungo” (BRADSHAW; HOWSE; BAKER, 1986).

1.1.7. Características Inseticidas que Influenciam na Identificação do Alimento

Qualquer que seja o alimento ou o substrato alimentar, a procura e a coleta obedecem a uma sequência comportamental característica da espécie, na qual intervêm, basicamente, quatro tipos de órgãos (olhos, antenas, peças bucais e tarsos anteriores), através dos quais o inseto utiliza os cinco sentidos (visão, tato, olfato, gustação e audição, este último mais exatamente, a percepção de vibrações). A importância relativa de cada um dos órgãos na identificação do alimento depende basicamente de quatro fatores: (1) a espécie estudada e seus hábitos alimentares; (2) a idade do indivíduo; (3) a experiência do indivíduo em relação a um determinado estímulo; (4) o sexo ou a casta do indivíduo (DELABIE; MASSON; FEBVAY, 1986).

O estudo do equipamento sensorial mostra diferenças marcantes entre os sexos e, em espécies polimórficas, como *Acromyrmex octospinosus*, que apresentam diferenças nas antenas nas castas de fêmeas. Essas diferenças justificam-se pelas respectivas especializações dos indivíduos, relacionadas com a função alimentar: as operárias mínimas possuem um grupo de 40 a 50 receptores gustativos no último segmento antenal, provavelmente relacionados com o cultivo do fungo, as operárias maiores possuem um número de receptores olfativos comparativamente, bem maior e com uma distribuição diferente, certamente devido a sua função de procurar plantas nas áreas de forrageamento fora do formigueiro (DELABIE e MASSON, 1984; DELABIE; MASSON; FEBVAY, 1986). Outras observações da mesma ordem sobre o polimorfismo foram feitas em *Atta laevigata* (JAISSON, 1970) e *Formica rufa* (WALTHER, 1981).

1.1.8. O Fungo

Thomas Belt foi o primeiro a identificar a associação da saúva com o fungo, na Nicarágua, em 1868. A. Moeller revelou pela primeira vez, a possível existência da forma sexual do fungo e o classificou como *Rhizites gongylophora*. Acreditava que este se desenvolvia, naturalmente, nas panelas umedecidas do subsolo do saúveiro (WEBER, 1966).

Alguns autores afirmam que o fungo simbiote cultivado por formigas cortadeiras é saprófita e nutre-se de substrato vegetal elaborado pelas operárias. Outros dizem que o mesmo é uma micorriza que evoluiu e adaptou-se às necessidades dos atíneos. A habilidade das saúvas em manter pura sua cultura de fungo, evitando a contaminação exógena por outros fungos e bactérias, está diretamente ligada às secreções salivares e anais depositadas na massa fúngica. Em condições naturais os contaminantes fungistáticos e bacteriostáticos são eliminados pelo ácido beta-hidróxi-decanóico ou mirmicacina, que elaborado pelas operárias, inibe a germinação de esporos. As secreções salivares e as gotículas anais depositadas direta e indiretamente sobre a esponja fúngica estimula o crescimento do fungo (STRADLING e POWELL, 1986; SALES e PEQUENO, 1991a).

O fungo cultivado pelos *Attini* é a fonte mais importante de alimento para estas formigas (CHERRETT, 1980). As formigas dos gêneros *Acromyrmex* e *Atta* ingerem quantidades significativas de seiva das plantas (LITTLEDYKE; CHERRETT, 1976). Estes autores sugerem que as formigas cortadeiras *Atta* e *Acromyrmex* utilizam a cultura do fungo como uma maneira de evitar a ingestão de componentes químicos tóxicos (aleloquímicos) dos vegetais. Dessa forma, os nutrientes que são palatáveis estão disponíveis para as formigas através da desintoxicação pelo fungo (FOWLER; STILES, 1980).

O fungo cultivado por *Atta colombica* contém 27% de carboidratos, 4,7% de aminoácidos livres, 13% de proteínas e 0,2% de lipídios (MARTIN; CARMAN; MACCONNELL, 1969). Em estudos posteriores, constatou-se que apenas 5% da necessidade energética da colônia provêm do fungo, sendo o

restante obtido diretamente da seiva da planta (CHERRETT, 1980). Segundo o autor, o mutualismo entre as formigas cortadeiras de folhas e fungos aumenta o grau de polifagia através da degradação dos compostos químicos que promovem a defesa das plantas, aumentando assim o nicho alimentar do fungo e, conseqüentemente, da formiga.

O papel do fungo na dieta das formigas cortadeiras de folhas foi estudado por Quinlan e Cherrett (1979) para *Atta cephalotes*. Os autores concluíram que as operárias e a rainha alimentam-se do suco proveniente dos estáfilos produzidos pelo fungo, enquanto as larvas alimentam-se do estáfilo todo e não apenas do suco. No primeiro caso, a quantidade de energia obtida do suco não chega a ser suficiente nem para prover suas necessidades respiratórias. As larvas obtêm do estáfilo toda a energia suficiente para suas exigências respiratórias e para o crescimento.

O fungo cultivado pelos *Attini* ainda não tem uma taxonomia definida aceita pelos micólogos. Entretanto, com as informações disponíveis, seria *Leucocoprinus* (*Agaricaceae*) o fungo cultivado, pelo menos pelas espécies de *Acromyrmex* e *Atta* (JONES, 1984). Portanto, o problema taxonômico é muito importante porque o fungo não produz um carpóforo, sendo transmitido e cultivado em forma clonal (STRADLING; POWELL, 1986). Existem divergências entre micólogos se o fungo é na realidade *Agaricaceae*, *Deuteromycetes*, *Basidiomycetes* ou *Ascomycetes*.

Della Lucia; Vilella e Moreira (1987) em ensaio laboratorial com uma colônia de *Atta sexdens rubropilosa*, observaram que um basidiocarpo de um fungo agaricóide formou-se na massa fúngica. As formigas foram incapazes de suprimir a expansão do basidiocarpo, embora cortassem partes do píleo ou chapéu na tentativa de inibir a sua abertura. As formigas também empilhavam folhas e flores cortadas no topo do basidiocarpo, em um esforço de reincorporar tal estrutura ao “jardim de fungo”. O basidiocarpo foi então removido e colocado em um recipiente esterilizado contendo algodão umedecido para manter a umidade e, após dois dias, iniciou-se o processo de abertura do píleo formando uma espécie de roseta sustentada pelo estipe através de filamentos de hifa.

Baseado nas características morfológicas, os autores concluíram tratar-se do gênero *Leucoagaricus* (Locq.) Singer.

Muchovej et al. (1991) descreveram essa espécie de fungo como *Leucoagaricus weberi*, em homenagem a N. A. Weber, entomologista americano que muito contribuiu para o conhecimento dos fungos cultivados pelas saúvas. Os autores observaram a presença de hifas oleíferas que produziam uma substância resinosa nos tecidos do basidiocarpo. Essa resina era formada de hidrocarbonetos de cadeia longa e possuía um alto teor de carboidratos os quais eram utilizados pelas formigas. No entanto, a seção *Leucoagaricus* que abriga tal gênero, nunca havia sido descrita contendo fungos com hifas oleíferas ou resinosas, e como tal característica foi bastante evidente e distinta das características morfológicas usuais para descrever essa seção. A introdução de uma nova seção *Oleoagaricus* para abrigar esse gênero parecia ser a decisão mais acertada, assim, a nova espécie foi descrita como *Leucoagaricus weberi* seção *Oleoagaricus*.

Apesar do conhecimento acumulado ao longo dos anos sobre os indivíduos da tribo *Attini* e sua capacidade de desfolha, pouco se sabe sobre a evolução desses fungos simbiotes responsáveis pela decomposição das folhas. Deste modo Hinkle et al. (1994) examinaram e compararam seqüências de bases de RNA de fungos simbiotes cultivados por cinco gêneros diferentes de atíneos e, em seguida, procederam o exame dos fungos simbiotes e das formigas, através do estudo comparativo entre as árvores filogenéticas de ambos. Esse estudo demonstrou que os fungos simbiotes eram basidiomicetos e que tais fungos evoluíram paralelamente às suas companheiras formigas.

De acordo com os autores, as cinco espécies de atíneos observadas foram: *Cyphomyrmex rimosus*, *Apterostigma collare*, *Sericomyrmex bondari*, *Trachymyrmex bugnioni* e *Atta cephalotes*. No estudo foi, também, observada duas espécies de fungos de vida livre: *Agaricus bisporus* e *Lepiota procera*. As comparações genéticas demonstraram claramente que quatro das cinco espécies estudadas cultivavam basidiomicetos de gêneros diferentes onde, somente os fungos simbiotes de *Sericomyrmex* e *Trachymyrmex* eram suficientemente similares, com apenas dois nucleotídeos diferentes, de tal forma que permitiam

colocar seus simbioses no mesmo gênero. As comparações genéticas de nucleotídeos diferentes entre as outras espécies de atíneos, variaram de vinte e seis, entre simbioses de *Atta* e *Cyphomyrmex*, até oitenta, para simbioses de *Apterostigma* e *Sericomyrmex*. Esse número de nucleotídeos foi similar ao observado entre famílias de fungos diferentes, como por exemplo, trinta e cinco diferentes nucleotídeos entre *Agaricus bisporus* e *Lepiota procera*.

Os autores sugerem, através desse estudo, que a diversificação dos atíneos e de seus fungos foram devido à simbiose, e por esta razão, adaptações simbióticas específicas e bem desenvolvidas devem ser esperadas. A coadaptação que proporcionou o ancestral desses atíneos a usar material verde fresco como substrato para o crescimento desses fungos, pode ter envolvido uma inovação no desenvolvimento fisiológico por parte desses fungos. Nesse caso, seria improvável a sobrevivência desses atíneos se os seus fungos simbioses forem exterminados por alguma agressão enérgica à natureza.

Os mirmicíneos da tribo *Attini* estão agrupados em 190 espécies distribuídas em 11 gêneros que cultivam o fungo como fonte de alimento. Alfred Möller, em 1893, constatou que as extremidades das hifas produziam entumescências de forma esférica ou elipsoidal as quais denominou de *kohlrabi* em alusão à semelhança que apresentavam com a porção globular do bulbo comestível da olerícola, *Brassica oleracea caulorapa*. Posteriormente, foi proposto por W. M. Wheeler a denominação gongilídia para estas estruturas, sendo esta, a de melhor aceitação pelos entomologistas, e, a micologicamente correta (SALES, 1998).

A literatura entomológica tem enquadrado a saúva como um animal herbívoro. Certamente uma colocação forçada, pois este atíneo não consome plantas, embora possa ingerir o suco celular das porções vegetais cortadas e utilizar seus nutrientes e uma fração do líquido celular para irrigar a massa fúngica. Os nutrientes necessários ao desenvolvimento normal dos fungos imaturos são obtidos das gongilídias. Por outro lado, os adultos obtêm apenas 5% de seus requerimentos energéticos dessa fonte, sendo que, o suco celular das

plantas cortadas pode satisfazer as exigências energéticas do adulto por 24 horas (FEBVAY e KERMARREC, 1986; SALES e SILVA, 1991b).

A produção de esporos pelo fungo é duvidosa, senão impossível. A secreção de mirmicacina, pelas operárias, confirma a impossibilidade de esporos envolverem-se na propagação, além disso, o fungo é constantemente podado pelas operárias para impedir a formação do píleo ou chapéu dos agaricáceos. Evidências sugerem que não apenas diferentes espécies de atíneos cultivam a mesma espécie de fungo, mas que através dos métodos vegetativos de propagação, estas culturas constituem clones fúngicos que podem ser utilizados por mais de uma espécie de mirmicíneo (WEBER, 1972; STRADLING e POWELL, 1986; ALMEIDA; 1991). Reforçando essa idéia, Vernalha e Carneiro (1954), verificaram uma perfeita aceitação por parte de *Atta*, do fungo cultivado pelas formigas do gênero *Acromyrmex*, embora não tenha sido possível a identificação através de cultura natural, ou em laboratório, do fungo dessas espécies de saúvas.

Entretanto, Mariconi (1970) destacando investigação própria com outros autores, indica que a saúva limão, *A. sexdens rubropilosa* Forel, 1908 e a saúva mata-pasto, *A. bisphaerica* Forel, 1908 cultivavam fungos diferentes, apesar de não terem conseguido identificá-los. Todavia, era crença geral, inclusive entre os entomologistas, que a espécie, em referência, fosse o *Pholiota gongylophora*.

Parente Filho e Parente (2001a) estudaram o desenvolvimento da massa fúngica em sauveiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) tratados com extrato de NIM (*Azadirachta indica* A. Juss). Plântulas de soja [*Glycine max.* (L.) Merrill] foram pulverizadas (2,0 ml/planta), com este extrato, na concentração de 2,0 ppm, sendo em seguida oferecidas as formigas. Durante sete dias sucessivos foram medidos os volumes (cm³) da massa fúngica. No segundo dia após o ensaio, observou-se um declínio, mas logo a partir do terceiro dia o volume fúngico voltou a crescer constantemente. As análises estatísticas não evidenciaram diferenças significativas, demonstrando que a concentração de extrato de NIM utilizada não

influenciou no desenvolvimento da massa fúngica de saúveiros de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 mantidos em laboratório.

A influência do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), constituinte químico 2-tridecanona, sobre o fungo simbionte da saúva do nordeste (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939) foi investigada por Parente e Parente Filho (2001a). Durante sete dias os autores mediram o volume do “jardim fúngico”, sempre no mesmo horário, obedecendo rigorosamente as condições de umidade e temperatura do local. Com base na análise de variância e teste comparativo de médias, pode-se concluir que o óleo provocou, apenas, um leve declínio no quinto dia do experimento. Nos dias imediatamente posteriores, uma significativa recuperação pôde ser visualizada, chegando mesmo a superar o dia inicial do ensaio.

1.2. Óleos Vegetais

1.2.1. Histórico

Dentre os vários benefícios legados ao homem pelos vegetais, tais como alimento, vestimentas, medicamentos etc, as plantas aromáticas contribuem de sobremaneira com os seus óleos essenciais (CHAVES, 1996). O termo *óleo essencial* é amplamente utilizado para nomear líquidos oleosos voláteis, dotados de aroma forte, em geral agradável, extraídos de plantas por meio de processos específicos. A simplicidade de extração permite que, em alguns países, a obtenção de óleos essenciais seja feita de maneira semi-artesanal (GUENTHER, 1972).

Até meados da década de 60, pouco se conhecia sobre a composição química da flora odorífera nordestina. No que tocante aos óleos essenciais e seus derivados menos ainda. A ocorrência destes óleos e as propriedades aromáticas de plantas do Nordeste podem ser encontrada em textos botânicos e em dicionários vegetais dos mais diversos autores. Muitas substâncias naturais, entre

elas os óleos essenciais e seus derivados, usadas como matéria-prima pela indústria química, tiveram que ser exportadas por conta do total impedimento de competição com seus sucedâneos sintéticos, obtidos a preços bem razoáveis (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 1981).

Os óleos essenciais são utilizados em muitas indústrias para as mais diversas finalidades: conferir aromas e odores especiais à inúmeros produtos; mascarar odores desagradáveis em ambientes de trabalho e instalações sanitárias; como solventes e insumos em produtos das indústrias de plásticos, tintas, inseticidas etc; como combustíveis e compostos de partida para síntese de outras substâncias úteis nas indústrias química e farmacêutica (GUENTHER, 1974).

O estudo da flora odorífera do Nordeste resultou na descoberta de vários óleos essenciais de potencial importância econômica. Alguns dos novos óleos descobertos mostraram que podem ser importantes fontes de matérias-primas para a indústria química enquanto que outros são dotados de propriedades aromatizantes, farmacológicas e anti-sépticas dentre outras. Paralelamente, resultados de importância científica também foram alcançados, destacando-se entre eles o levantamento das plantas odoríferas nordestinas, a identificação botânica de suas espécies e a determinação da composição química dos seus constituintes voláteis (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 1981).

A maioria das gorduras naturais, como aquelas dos óleos vegetais, são misturas complexas de triacilgliceróis simples e mistos. Elas contêm uma grande variedade de ácidos graxos que diferem no comprimento da cadeia carbônica e no grau de saturação da mesma. Os óleos vegetais são compostos principalmente de triacilgliceróis constituídos por ácidos graxos insaturados e, assim, são líquidos à temperatura ambiente. Os lipídios biológicos constituem um grupo de compostos que, apesar de quimicamente diferentes entre si, exibem a insolubilidade em água como característica definidora e comum a todos. Os óleos e as gorduras, empregados quase universalmente como formas de armazenamento de energia nos organismos vivos, são compostos, do ponto de vista químico, altamente reduzidos e derivados dos ácidos graxos. Os lipídios mais simples constituídos de

ácidos graxos são os triacilgliceróis, também referidos como triglicerídios, gorduras ou gorduras neutras (LEHNINGER; NELSON; COX, 1995).

Smith e Levi (1961) utilizaram os óleos essenciais de *Mentha piperita* e *Mentha arvensis* através de critérios de composição estabelecidos para determinação da origem geográfica, identificação do relacionamento bioquímico comandando a formação de óleo na planta e a evolução no processo de manufatura. Os resultados mostraram não somente o aspecto do óleo em si, mas também a caracterização, análise e controle de qualidade do complexo natural, assim como a sua utilização do ponto de vista sintético dos produtos oriundos das indústrias de alimentos, remédios e cosméticos.

Análises quantitativa e qualitativa do óleo essencial de *Thymus willkomii* (*Lamiaceae*) feitas por Adzet; Cañigüeral e Gabalda (1991) em várias espécies européias, revelaram a existência de dois quimotipos principais, tipo A: linalol (49% das plantas) e tipo B: α terpinil acetato (36% das plantas).

Sánchez; Velasco e Federico (1991) identificaram em *Sargentia gregii* S. Watts os principais constituintes das folhas, frutos e sementes. Para as folhas o α -pineno foi o maior, enquanto frutos e sementes sobressaem-se α -pineno e β -cubebeno.

Dos óleos essenciais das folhas, cascas e sementes de *Colophospermum mopane*, Brophy; Boland e Lengen (1992) identificaram como principal constituinte o α -pineno, com os seguintes percentuais para as estruturas: folhas (55,63%), cascas (38,50%) e sementes (54,50%).

Os óleos essenciais de algumas espécies vegetais originárias da Malásia, *Dipterocarpus*, *Cinnamomum*, *Litsea*, *Cymbopogon*, *Lindera*, *Piper*, *Citrus*, *Clausena*, *Gaultheria* e *Leptospermum* foram investigados quanto as suas propriedades químicas e biológicas por Ibrahim et al. (1996). Os óleos constituíam-se, principalmente, de misturas complexas de monoterpenos e sesquiterpenos, exceto para as espécies de *Cinnamomum* e *Gaultheria*. Os óleos de *Litsea elliptica*, *Cymbopogon nardus* e *Cinnamomum mollissimum* mostraram significativo efeito repelente contra fêmeas adultas de *Aedes aegypti*. Os

bioensaios de letalidade dos óleos revelaram que os óleos de *Litsea elliptica* e *Piper aduncum* foram altamente tóxicos para a larva do mosquito. Os óleos destas plantas foram usados como os principais ingredientes de produtos herbicidas, perfumes, pomadas, analgésicas e cremes repelentes para insetos.

Alguns óleos vegetais são freqüentemente usados como fragâncias de perfumes, temperos de alimentos industriais e ainda como repelentes á insetos. Investigações recentes em vários países confirmam que alguns óleos essenciais não somente repelem insetos, por ações de contato e fumigação, como também possuem ação fungicida contra alguns patógenos vegetais importantes. Nos dias atuais o grande desafio é desenvolver pesticidas que reduzam o risco de efeitos tóxicos e sub-letais. Alguns terpenos e fenóis de óleos vegetais estão sendo investigados com este propósito a fim de combater o verme do fumo, *Spodoptera litura*, e o afídeo verde do pêssigo, *Myzus persicae* (ISMAN, 2000). O autor ressalta em seu trabalho (i) a modificação das atividades biológicas dos óleos essenciais e seus constituintes; (ii) sua toxicidade e o modo de ação nos insetos estudados; (iii) seu impacto ambiental nas culturas; (iv) sua comercialização. As duas espécies foram utilizadas como pestes-modelo para extrapolações posteriores.

1.2.2. Características Físico-Químicas dos Óleos Vegetais Utilizados

1.2.2.1. Jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.: *Rutaceae*)

O **jaborandi** pertence à família *Rutaceae* (BRAGA, 1976). É uma planta medicinal explorada comercialmente para a extração da *pilocarpina*, um alcalóide utilizado no tratamento do glaucoma, na fabricação de colírios como miótico, em dermatologia como modificador da pele e para evitar a queda de cabelo (OLIVEIRA; AKISUE, 1997). Os jaborandis se constituem em importante antídoto contra o envenenamento por *Datura* spp. (zabumba, maxixe do mato, anágua de viúva). Cerca de trinta (30) diferentes óleos de plantas desta família

têm importância comercial e muitos são de uso bastante extenso. A maioria deles são óleos de plantas do gênero *Citrus* também produzidos no Brasil. Menos importantes são os óleos fornecidos por plantas do gênero *Cusparia*, *Boronia*, *Barosma*, *Clausena*, *Xanthoxylon* e *Ruta* (GUENTHER, 1974).

Segundo estudos realizados pela Universidade Federal do Ceará (1981), o peso específico e a rotação ótica do óleo essencial de jaborandi, a 25 °C, não foram detectados. O índice de refração nesta mesma temperatura é de 1,4870. Os constituintes químicos do óleo determinados por cromatografia gás-líquido acoplada a espectrometria de massa (CGL/EM) apresentaram-se em número de quatorze (14): α -pineno, limoneno, α -copaeno, β -cariofileno, humuleno, δ -cadineno, α -cadineno, **2-tridecanona** sendo os demais não identificados.

1.2.2.2. Eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.: *Mirtaceae*)

O **eucalipto** pertence à família *Mirtaceae* (BRAGA, 1976). Várias mirtáceas são produtoras de óleos essenciais. Destacam-se o óleo de mirto (*Myrtus comunis*) produzido na Ilha de Córsega e de pimenta (*Pimenta officinalis*) da América Central, usados na preparação de condimentos. O óleo-de-cravo (*Eugenia caryophyllata*) produzido principalmente na África e os óleos procedentes das diversas espécies de *Eucalyptus* dentre os quais se encontram os tipos de uso medicinal (*Eucalyptus globulus*), aromatizante doméstico (*Eucalyptus citriodora*), desinfetante (*Eucalyptus dives*) e outros como fonte de compostos de interesse da indústria química (GUENTHER, 1974).

Estudos realizados pela Universidade Federal do Ceará (1981) mostraram que o peso específico, o índice de refração e a rotação ótica, todos a 25 °C, apresentam valores de 0,8676; 1,4441 e + 2° 40', respectivamente. Os constituintes químicos do óleo identificados por CGL/EM foram β -pineno, **citronelal**, isopulegol, estragol, **citronelol**, γ -elemeno e três não identificados.

O citronelal é um aldeído. Alguns aldeídos de grande cadeia carbônica ocorrem nas essências de flores e frutos. São compostos incolores e solúveis em

água, sendo que a solubilidade diminui com o aumento da cadeia. Os inferiores têm cheiro irritante e os demais, cheiro agradável. Conforme sua estrutura são usados como desinfetantes, na preparação de medicamentos, na produção de plásticos, na indústria de corantes e perfumes, entre outros. O citronelol, por sua vez, é um álcool e sendo assim, não existe livre na natureza. Entretanto, ocorrem na forma de ésteres nas frutas, gorduras, óleos etc (SARDELLA; MATEUS, 1991).

1.2.2.3. Alecrim Pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.: *Verbenaceae*)

O alecrim pimenta pertence à família *Verbenaceae*. Várias plantas nordestinas do gênero *Lippia* são potencialmente importantes por produzirem óleo essencial com rendimentos muito elevados (JOLLY, 1966).

As características físico-químicas do óleo essencial, segundo pesquisas desenvolvidas pela Universidade Federal do Ceará no ano de 1981, foram as seguintes: peso específico - 0,9356; índice de refração - 1,5044 e rotação ótica - não detectada. Todos os dados foram obtidos a 25 °C. Os constituintes químicos foram α -tugeno, mirceno, p-cimeno, γ -terpineno, timol, carvacrol e cariofileno.

1.2.2.4. NIM (*Azadirachta indica* A. Juss: *Meliaceae*)

O NIM pertence à família *Meliaceae*. Apresenta origem asiática, sendo natural de Burma e das regiões áridas do subcontinente indiano (SAXENA, 1993).

Do ponto de vista químico, uma característica comum às espécies da família *Meliaceae* é a presença de triterpenos oxigenados, conhecidos como meliacinas. Inclui-se, dentre estes, o mais promissor agente antialimentar descoberto até agora, o *azadiractin*, que está presente nas folhas, frutos e sementes, e foi isolado, inicialmente, a partir do NIM (NEVES, 1996).

Um número considerável de outros componentes foi isolado das sementes do NIM, tais como: solanina, solanol, solanoacetato-3-diacetilsolanina, azadiradion, 14-epoxia zaridion, gedunim, nimbineur e diacetil nimbinim (SCHMUTTERER, 1990).

1.2.3. Efeitos Inseticidas de Óleos Vegetais

Uma grande diversidade de óleos essenciais e seus constituintes possuem propriedades que controlam insetos.

Os extratos vegetais (óleos essenciais) de *Mentha piperita*, *Acorus calamus*, *Anethum sowa*, *Piper nigrum*, *Pongamia glabra* e *Azadirachta indica* exibem atividade protetora à grãos. Os constituintes alcóolicos e fenólicos destes óleos essenciais mostraram considerável toxicidade no controle da eclosão de ovos de *Aedes aegypti*. O óleo de *Acorus calamus* inibe o desenvolvimento embrionário de *Dysdercus koenigii* em uma concentração de 10 ppm. Os óleos voláteis de *Eucaliptus*, hortelã japonesa e citronella, mostraram diferentes graus de atividade atrativa e repelência contra *Sitophilus oryzae*, *Callosobruchus chinensis*, *Stegobium paniceum* e *Musca domestica*. Os constituintes voláteis de alguns óleos essenciais principalmente mono- e sesquiterpenóides exibiram forte repelência contra mosca doméstica e barata. Os óleos voláteis que contêm cetonas alifáticas e aril também evidenciaram atividade repelente em abelhas. Os mono-, sesqui-, di- e triterpenóides isolados de várias espécies de plantas aromáticas mostraram possuir potente atividade antinutricional por ação de contato. Nerol, geraniol e citronelol agem como análogos ao hormônio juvenil (JH). O óleo volátil de *Lantana camara* também exibiram atividade JH-like em ninfas do 5^o instar de *Dysdercus similis*. A maioria dos óleos essenciais e seus constituintes são poderosos agentes anti-fúngicos e bacterianos. Alguns óleos como os de *Citrus sinensis* e *Hyptis suaveolens* são considerados mais potentes que os fungicidas comerciais sintéticos e não exibem efeito fitotóxico no

crescimento de plântulas e na germinação de sementes de *Vigna radiata* (SINGH; UPADHYAY, 1993).

A ação tóxica e anti-alimentar do óleo essencial extraído de sementes de noz moscada foi testado por Huang et al. (1997) em *Tribolium castaneum* e *Sitophilus zeamais*. A impregnação do papel de filtro foi utilizada para os estudos da toxicidade por contato e fumigação, enquanto que um bioensaio com farinha de sementes foi usado para investigar os efeitos anti-alimentares. Os insetos adultos de *S. zeamais* foram dez vezes (10x) mais susceptíveis que os adultos de *T. castaneum* por ação via contato (LC_{50} de 1,7 mg/cm² e 18 mg/cm², respectivamente). Entretanto, os adultos de *S. zeamais* foram somente 1,7 vezes mais susceptíveis que *T. castaneum* por ação fumigante (LC_{50} de 4,5 mg/cm² e 7,7, mg/cm², respectivamente). Além disso, as larvas (10-16 dias) de *T. castaneum* mostraram-se mais susceptíveis que os adultos, embora essa característica decresça com a idade. O óleo também afetou significativamente a postura dos ovos nesta espécie ($P>0,05$) e a subsequente sobrevivência da larva nas concentrações variando de 1,4 - 3,2 mg/cm². A progênie F_1 de ambos os insetos foi reduzida significativamente em quase todas as concentrações testadas ($P>0,05$), tendo desaparecido completamente à 1,05g/100g de arroz (*T. castaneum*) e 0,53g/100g de trigo (*S. zeamais*). Os estudos nutricionais mostraram que o óleo de noz moscada afetou de maneira significativa ($P>0,05$) a razão de crescimento e o consumo de alimento dos dois insetos ensaiados, ainda que a atividade anti-alimentar tenha sido mais pronunciada em *S. zeamais*. Com 20g óleo/100mL, o índice deterrente alimentar de *T. castaneum* foi de apenas 7%, enquanto que para *S. zeamais* foi de 33%. Os resultados sugerem, que o óleo de noz moscada pode ser empregado para conferir proteção à grãos, seja por contato ou fumigação, além de apresentar atividade anti-alimentar contra os insetos testados.

Tripathi et al. (1997) estudaram as propriedades repelente e inseticida do óleo do fruto de *Piper retrofractum* em *Tribolium castaneum*, *Spilosoma obliqua* e *Spodoptera litura*. O óleo exibiu alta repelência para os insetos: 90, 76 e 52% a 2, 1 e 0,5% de concentração, respectivamente. Dentre os extratos testados, o

extrato de acetona foi o mais tóxico para todos os insetos embora tenha se mostrado altamente fotovariável.

Os óleos essenciais extraídos de *Cuminum cyminum*, *Pimpinella anisum*, *Origanum syriacum* var. *bevanii* e *Eucaliptus camaldulensis* foram investigados por Tunc e Sahinkaya (1998) quanto a sua toxicidade para *Tetranychus cinnabarinus* e *Aphis gossypii*. Uma dose de 0,5 µl/litro de ar e 2-3 dias de exposição foram requeridos para 99% de mortalidade.

A atividade biológica da cânfora, o principal constituinte do óleo essencial de *Ocimum kilimandscharicum*, contra *Sitophilus granarius*, *S. zeamais*, *Tribolium castaneum* e *Prostephanus truncatus* foi estudada por Obeng et al. (1998) usando toxicidade por contato, tratamento do grão e ensaios de repelência. A cânfora aplicada topicamente (impregnada em papel de filtro) ou em grãos de milho e trigo foi altamente tóxica para todas as espécies avaliadas. A mortalidade dos insetos mostrou-se dose-dependente. As doses de 100 mg/papel de filtro e 100 µg/inseto causaram 93% e 100% de mortalidade, respectivamente, em *S. granarius*, *S. zeamais* e *P. truncatus* após 24 horas de exposição. Doses similares induziram 70% e 100% de mortalidade em *T. castaneum*. A cânfora impregnada na superfície do grão foi mais eficiente que no papel de filtro. O desenvolvimento dos ovos e estágios imaturos no interior dos grãos, bem como a emergência da progênie, foram completamente inibidos em grãos tratados com cânfora. Esta foi também altamente repelente (80% em média).

Moretti et al. (1998) estudaram os efeitos de alguns óleos essenciais, de diferentes composições químicas, em adultos de *Ceratitis capitata* (*Diptera: Tephritidae*), popularmente conhecida como mosca do Mediterrâneo. A toxicidade produzida por administração oral parece estar associada ao tipo e a concentração de diferentes componentes. O mais efetivo, em termos de mortalidade, foram os óleos de *Thymus herbabarona* e *Cinnamomum zeylanicum*, os quais são ricos em compostos fenólicos (carvacol) e aldeídos aromáticos (aldeído cinâmico). Emulsões contendo 5% destes princípios ativos ocasionaram 90% de mortalidade. Sob condições experimentais idênticas, o óleo de *Salvia*

officinalis, caracterizado por conter concentrações relativamente altas de cetonas monoterpênicas, provocou uma mortalidade de aproximadamente 50%. A toxicidade do óleo de *Rosmarinus officinalis* contendo altas concentrações de hidrocarbonos monoterpênicos foi muito baixa. O efeito inseticida produzido por administração oral dos componentes testados, aparentemente, está correlacionado com um prejuízo irreversível no intestino da mosca do Mediterrâneo.

As propriedades tóxicas e repelentes de nove constituintes de óleos essenciais, entre eles derivados benzeno e terpenos, foram testadas em *Periplaneta americana* (Blattodea: Blattidae). Os autores determinaram as toxicidades por contato e fumigação para fêmeas adultas e por repelência para ninfas. A ordem decrescente da toxicidade por contato foi methyl – eugenol > isosafrole = eugenol > safrole. A toxicidade por fumigação foi observada somente por safrole e isosafrole, sendo o primeiro mais potente. Isoeugenol e os terpenos testados não apresentaram efeito tóxico por nenhuma das vias ensaiadas. A toxicidade por repelência, em ordem decrescente, foi safrole > isosafrole > methyl-eugenol = α -pinene > eugenol > isoeugenol. Os derivados benzeno foram geralmente mais tóxicos e repelentes que os terpenos. A distância da ligação dupla da cadeia lateral proveniente do anel aromático e a substituição do grupo methoxy desses componentes, provavelmente, podem ser determinantes de sua toxicidade (NGOH et al., 1998).

Gbolade, Onayade e Ayinde (1999) avaliaram os efeitos do óleo essencial de folhas de *Ageratum conyzoides* (Asteraceae) no tratamento da semente de caupi (*Vigna unguiculata*) contra a infestação por *Callosobruchus maculatus*. O óleo mostrou toxicidade aguda para insetos adultos por fumigação. A mortalidade máxima variou de 95 a 97% e foi obtida com 60 μ l do óleo. A administração na forma de “curativo” também mostrou-se altamente tóxica. Evidenciou-se, ainda, significativa oviposição deterrente e uma completa inibição da emergência de insetos adultos na descendência F₁ nas concentrações de 2,5 a 10 μ l/9,5g de feijão. Nenhum efeito físico adverso nas sementes foi observado

nestas mesmas concentrações. O principal componente isolado do óleo essencial ensaiado, *precocene I*, foi quatro vezes mais ativo que o óleo íntegro.

Os efeitos tóxicos do óleo essencial de rizomas de *Acorus calamus* provenientes de três diferentes países (Índia, Rússia e Yugoslávia) foram estudados por Rahman e Schmidt (1999). Os autores investigaram as reações ocorridas em insetos adultos e ovos de *Callosobruchus phaseoli*. Todos os óleos foram tóxicos a ambas as fases dependendo do período de exposição e da concentração ensaiada. O óleo yugoslavo foi o que mostrou efeito dominante mais agudo. Redução significativa na oviposição foi constatada nos óleos yugoslavo e russo a 5 e a 10 µl de óleo/400 ml após 24 horas de exposição. Longos períodos de exposição aumentaram as diferenças na produção de ovos entre insetos tratados e não tratados. A fertilidade das fêmeas tratadas foi pouco afetada. Os ovos recém-postos mostraram-se mais susceptíveis que os mais “velhos” e neste parâmetro o óleo indiano foi mais eficaz.

Huang; Ho e Kini (1999) estudaram a bioatividade de safrole (principal constituinte do óleo essencial de *Sassafras* sp.) e isosafrole (um dos componentes do óleo essencial de *Canaga odorata*) em *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) e *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Os insetos adultos foram igualmente susceptíveis a toxicidade por contato quer por safrole ou isosafrole. O primeiro também possui similar toxicidade fumigante para insetos adultos de ambas as espécies, sendo estes, no entanto, tolerantes ao segundo. Nos testes por contato e fumigação, as larvas de *T. castaneum* com 12 a 14 dias mostraram idêntica susceptibilidade para os componentes, embora larvas de 16 dias tenham se mostrado mais tolerantes. Em bioensaios com a farinha de sementes, safrole mostrou pouca deterrência alimentar para adultos de *S. zeamais* e nenhuma para adultos e larvas de *T. castaneum*. Isosafrole, por sua vez, apresentou índices de deterrência de 31% para adultos de *S. zeamais* (5,4 mg/g de alimento) e 72% e 40% para adultos e larvas de *T. castaneum* (10,8 mg/g de alimento), respectivamente. Em consequência, houve redução na razão do crescimento relativo, razão do consumo relativo e na eficiência de conversão

alimentar em adultos de ambas as espécies. Safrole e isosafrole mostraram efeitos inibitórios na atividade da enzima α -amilase das larvas de *T. castaneum in vitro*. Safrole reduziu também a atividade α -amilásica larval *in vivo*.

Dez óleos essenciais de plantas da família *Labiatae* foram investigados quanto ao seu efeito anti-alimentar, determinação inibitória e atividade tóxica em *Myzus persicae* (*Homoptera: Aphididae*). Os óleos de hortelã e hortelã pimenta têm atividades altamente específicas. Entretanto, os mecanismos de inibição ao desenvolvimento dos insetos difere quanto ao óleo testado. Os óleos essenciais de labiatae parecem exercer um papel deterrente em afídeos por afetarem o senso gustativo e/ou olfativo destes insetos (HORI, 1999).

Namrata et al. (2000) avaliaram os efeitos larvicidas de óleos essenciais extraídos de folhas de *Tagetes erecta*, *Ocimum sanctum* (*Ocimum tenuiflorum*), *Mentha piperita* e *Murraya koenigii* em *Anopheles stephensi*, *Culex quinquefasciatus* e *Aedes aegypti*. O óleo da folha de *T. erecta* foi o mais eficiente à baixas concentrações. O extrato desta mesma planta também foi o mais tóxico contra *C. quinquefasciatus*. Os extratos de *O. sanctum* e *M. koenigii* foram os mais tóxicos contra *A. aegypti*. O extrato de *M. piperita* foi o mais eficaz contra *A. stephensi*.

A atividade reguladora do crescimento do inseto (IGR) pelo óleo essencial das folhas de *Artemisia annua* foi estudada por Shakil et al. (2000). Os autores avaliaram os efeitos deste óleo em larvas do 5^o instar de *Dysdercus koenigii*. O óleo apresentou toxicidade em altas doses ($LD_{50} = 0,42$ ml/inseto) e atividade IGR em doses baixas ($0,32$ μ l/inseto). A fração cromatográfica II, isolada do óleo, mostrou atividade IGR a uma dose de $0,5$ μ l/ninfa. A atividade IGR mostrou-se mais pronunciada quando ninfas recém-emergidas foram utilizadas no bioensaio. Estas ninfas desenvolveram-se ou como formas intermediárias ou com asas deformadas.

Padmaja e Rao (2000) estudaram a eficácia de três óleos vegetais no controle de *Helicoverpa armigera*. Os óleos de *Artemisia annua*, *Ageratum conyzoides* e *Azadirachta indica* foram avaliados em larvas do último instar e

aplicados topicamente na região mesotorácica. Valores de ED₅₀ para *Artemisia annua*, *Ageratum conyzoides* e *Azadirachta indica* foram 1763,39; 3280,30 e 753,80 µg/g de peso corpóreo, respectivamente. O tratamento da larva mostrou constrição ao local de aplicação. Poucas larvas apresentaram-se completas após a pupação, outras ainda apresentaram-se como larvas-pupas intermediárias. A porcentagem destes intermediários foi maior no tratamento com óleo de *Azadirachta indica*, alcançando valores acima de 80%. Altas doses de *Artemisia annua* mostraram-se tóxicas causando mortalidade larval e falha na emergência de adultos normais.

A ação do extrato de NIM (*Azadirachta indica* A. Juss), sobre a saúva do nordeste (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939) (*Hymenoptera: Formicidae*) foi investigada por Parente Filho e Parente (2001b). Os tratamentos (0,0ppm; 1,0ppm e 2,0ppm) foram aplicados sobre plântulas de feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] por pulverização (2,0 ml/planta). Como parâmetros-resposta os autores avaliaram o acesso ao material vegetal (AMV) e a marcação de território no material vegetal (MTMV) e concluíram que o extrato de *Azadirachta indica* A. Juss, não demonstrou efeito como agente controlador nas concentrações investigadas.

Parente e Parente Filho (2001b) estudaram o efeito do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), constituinte químico 2-tridecanona, sobre o comportamento da saúva do nordeste (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939) (*Hymenoptera: Formicidae*). As doses ensaiadas (0,00ppm; 0,25ppm; 0,50ppm; 1,00ppm e 2,00ppm) foram diluídas em solvente (etanol, acetona e água destilada) e posteriormente aplicadas em papel de filtro qualitativo. Os parâmetros avaliados foram o acesso ao papel de filtro (APF) e a marcação de território no papel de filtro (MTPF). Os autores observaram que o óleo de jaborandi, constituinte químico 2-tridecanona, mesmo em pequenas doses, ocasionou acentuada queda nas variáveis investigadas, influenciando, assim, no comportamento dos saúveiros tratados.

Enan (2001) conduziu um estudo para determinar a atividade inseticida e o mecanismo de ação de três constituintes químicos (eugenol, alfa-terpineol e álcool cinâmico) e de uma mistura, em quantidades equivalentes, dos três óleos chamada de *3-blend* sobre formigas *Carpenter* (*Camponotus pennsylvanicus* De Geer) e baratas Americanas (*Periplaneta americana*) e Alemãs (*Blattella germanica*). As baratas Americanas demonstraram hiperatividade seguida por hiperextensão de pernas e abdomens, além de abstinência ou rápida imobilização seguida de morte. As formigas *Carpenter* e as baratas Alemãs apresentaram imobilização firme e jejum seguido de morte. A mistura 1:1:1 (*3-blend*) foi substancialmente eficaz contra todos os insetos testados. Uma das observações mais marcantes foi o aumento da frequência dos batimentos cardíacos das baratas Americanas (*Periplaneta americana*) em resposta à aplicação tópica dos óleos ensaiados. Um aumento significativo no nível de cAMP foi encontrado em resposta a 1 nmol/ml de eugenol ou *3-blend* ou ainda 10 nmol/ml de alfa-terpineol. À altas concentrações um decréscimo significativo no nível de cAMP foi encontrado. O autor concluiu que (i) os constituintes testados são neuro-inseticidas e sua atividade é espécie-dependente; (ii) o efeito sinérgico dos três constituintes foi encontrado quando estes foram equacionalmente misturados (*3-blend*).

O óleo essencial de *Crithmum maritimum*, plantado em algumas localidades ao longo da Costa do Mediterrâneo, foi investigado quanto a sua atividade inseticida e sua repelência à formigas *Pheidole pallidula* (Nylander). Este demonstrou possuir significativa atividade. A composição química dos metabólitos voláteis foi estudada por GC e GC-MS. Os principais constituintes do óleo foram *dillapiole*, *gama-terpineno*, *sabineno*, *limoneno* e *beta-phellandrene*. As populações vegetais ocidentais mostraram-se ricas em *dillapiole* enquanto que as coleções do Sul caracterizaram-se por um aumento nas quantidades de *timol metil éter* e *gama-terpineno* (TSOUKATOU et al., 2001).

Pesquisas realizadas na Universidade Federal do Ceará (UFC) apontam como alternativas de combate à dengue, a produção de larvicidas naturais através do pó da semente de moringa (*Moringa oleifera*) ou do óleo de alecrim pimenta

(*Lippia aff. sidoides*). A análise do potencial inseticida e larvicida destas duas plantas tem revelado inúmeras vantagens. De acordo com as simulações feitas em laboratório, o óleo extraído das folhas de alecrim pimenta tem uma eficácia bastante significativa: (i) provoca morte rápida do mosquito *Aedes aegypti*; (ii) é um produto natural, biodegradável e com pequena chance de apresentar atividade tóxica. O óleo de alecrim pimenta poderia, inclusive, ser usado de várias formas contra o mosquito. Segundo os pesquisadores, desde a aplicação nas caixas d'água, na rede de abastecimento e até mesmo na fabricação de velas e incensos. O pó da semente de moringa, por sua vez, está sendo investigado quanto ao seu princípio ativo e mecanismo de ação contra o *Aedes aegypti*. Em ensaios preliminares, o mesmo extrato aquoso foi submetido à várias populações de larvas e apresentou a mesma eficácia, o que demonstra ação duradoura, fator de extrema importância para um larvicida. Ademais, já se sabe que além de ser um produto natural é facilmente degradável com o tempo e não poluente (NOSSAS ARMAS CONTRA O DENGUE, 2001).

Segundo Louzada (2002) já existe uma alternativa de baixo impacto ambiental para o combate à formigas cortadeiras. Trata-se de um micro portaisca (*Mipis*) de papel com um atrativo à base de extratos vegetais, que as formigas cortam e levam para o formigueiro, onde o produto entra em ação. O impacto é reduzido porque o veneno contido na isca age apenas no ambiente interno do formigueiro e só contra as formigas, ao contaminar o fungo que lhes serve de alimento. Entre as vantagens do produto, está o fato de que as iscas substituem os organoclorados, considerados a única opção durante muitos anos, apesar de altamente tóxicos e persistentes no meio ambiente. O uso dos organoclorados na agricultura ou silvicultura está proibido, embora ainda exista um mercado ilegal. As iscas também substituem os organofosforados e fosforados, produtos menos tóxicos, mas não inócuos, contidos nos inseticidas granulados ou em pó. As iscas em papel inviolável são, ainda, alternativas para reduzir o impacto ambiental do plástico, que leva muitos anos para degradar na natureza. O produto biodegradável é, também, mais adequado aos padrões ISO 14000.

Ainda segundo o autor, a aplicação da isca de papel é feita por embebição em extratos vegetais, que podem variar dependendo da espécie de formiga a ser combatida e da cultura, que se pretende proteger. Por enquanto, os atrativos funcionam melhor para formigas do gênero *Atta*, como a saúva-limão (*Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908) e cabeça de vidro (*Atta laevigata* F. Smith, 1858), e em algumas espécies do gênero *Acromyrmex*, conhecidas como quem-quens. Quando pendurado nas plantas, o produto permanece disponível para as formigas durante 30 dias, antes de ser cortado, resistindo a algumas chuvas, ao contrário das iscas granuladas. Uma vez no chão, os restos do papel degradam em 60 ou 90 dias. O produto já está no mercado, mas seu uso atual limita-se a reflorestamentos de *Pinus* e *Eucaliptus*, porque a distribuição ainda é pequena, o preço é superior ao das iscas de plástico (50 a 60% a mais) e a aplicação exige conhecimento técnico. O autor não cita, porém, os extratos vegetais que estão sendo utilizados.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

A presente pesquisa teve por objetivo geral investigar a atividade de seis óleos vegetais na atividade comportamental da saúva do nordeste (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939).

2.2. Específicos

- a) Caracterizar o comportamento das operárias de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939, na busca de provisão, quando submetidas aos óleos de jaborandi e 2-tridecanona, seu constituinte químico; eucalipto; alecrim pimenta e NIM;
- b) Avaliar os mecanismos comportamentais de exploração frente às substâncias ensaiadas;
- c) Investigar a influência dos óleos vegetais investigados no desenvolvimento do “jardim fúngico” cultivado por formigas do gênero *Atta*.

3. MATERIAL

3.1. Insetos

O inseto alvo da pesquisa foi formigas operárias do gênero *Atta* (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 - *Hymenoptera: Formicidae*). Os atinários utilizados foram àqueles existentes no Núcleo de Experimentação Fitossanitária (NUCLEF), Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), campus do Pici, Fortaleza, Ceará, Brasil (**FIGURA 01**).

3.2. Óleos Vegetais

Os óleos vegetais de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.; *Rutaceae*) e 2-tridecanona, seu constituinte químico; eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.; *Mirtaceae*), constituintes químicos citronelol e citronelal; alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.; *Verbenaceae*) e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss; *Meliaceae*) usados na pesquisa foram fornecidos pelo Departamento de Química Orgânica e Inorgânica do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará (UFC).

3.3. Outros

Plataformas de provisão e pontes de alumínio dos saueiros artificiais passaram pelo processo de higienização adequada. Luvas e máscaras foram adquiridas e utilizadas, unicamente, nos experimentos com os líquidos oleosos voláteis ensaiados (óleos vegetais). Os discos de papel de filtro usados na pesquisa foram do tipo quantitativo *framex*[®] de 11,0 cm de diâmetro, 389² Faixa Branca, cinza - 0,00007g, papel de filtração média de 140 segundos.

Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico.



FIGURA 01 – Atinários de saúva do nordeste (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939) (*Hymenoptera: Formicidae*) mantidos no Núcleo de Experimentação Fitossanitária (NUCLEF)/Centro de Ciências Agrárias (CCA)/Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

4. MÉTODOS

4.1. Insetos

Para a presente pesquisa foram utilizadas colônias de saúva do Nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*), dos Atinários do Núcleo de Experimentação Fitossanitária (NUCLEF), do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, campus do Pici, sito em Fortaleza, Ceará, Brasil.

As investigações foram iniciadas com a colocação dos tratamentos na área de provisão de cada sauveiro em estudo. A total ausência de provisão verificava-se, sempre, 24 horas antes do início do experimento. Respeitou-se, sempre, um intervalo de 15 (quinze) dias para que os sauveiros artificiais tivessem a oportunidade de refazerem-se dos efeitos decorrentes dos ensaios.

No início de cada experimento, os sauveiros artificiais, em um total de dez (10), exibiam bom desenvolvimento das esponjas de fungo (massa fúngica), o que facilmente podia ser constatado em função da transparência dos recipientes de vidro (**FIGURA 02**). Os atíneos foram mantidos a uma temperatura de $26 \pm 0,5$ °C e umidade relativa de $62 \pm 1\%$.

Sobre uma placa retangular de gesso (20x13x2,5 cm) e circundada por uma tela de arame (12 cm de altura e 5 cm de diâmetro) encontrava-se a rainha e os demais componentes do sauveiro. Um vidro vazio tipo Mason, invertido e com capacidade para 4000 ml, limitava a massa fúngica. Esta câmara recebia umidade de um vidro (68 ml de capacidade). Todos os componentes apoiavam-se em placas de vidro (52x38x0,4 cm), isoladas da bancada do laboratório por uma bandeja de alumínio (46x31x4,5 cm). As placas de vidro eram suportadas por copos tipo americano (200 ml de capacidade), estando estes imersos em água, hipoclorito de sódio e detergente neutro líquido. A sede real comunicava-se com outros sauveiros artificiais por meio de acessos ou pontes de alumínio recobertos



FIGURA 02 – Sauveiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) mostrando bom desenvolvimento das esponjas de fungo. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

por uma fina camada de gesso. Os acessos ou pontes de alumínio apresentavam-se em forma de arco e com 20 cm de largura, individualmente. A área de provisão, local onde as formigas operárias buscavam o material para a propagação de seu fungo simbiote e o mesmo onde se fazia a aplicação dos tratamentos, ficava, sempre, situada em uma das extremidades do saueiro.

4.2. Óleos Vegetais

Os óleos vegetais de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.; *Rutaceae*), e 2-tridecanona, seu constituinte químico; eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.; *Mirtaceae*), constituintes químicos citronelol e citronelal; alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.; *Verbenaceae*) e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss; *Meliaceae*) ensaiados na presente pesquisa foram submetidos à alguns procedimentos indispensáveis à sua utilização. De início, preparou-se o solvente constituído por etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), acetona ($(\text{CH}_3)_2\text{CO}$) e água destilada. Este, após sua elaboração, era imediatamente misturado ao óleo a ser testado. Em seguida, fazia-se uma breve agitação manual para homogeneizar a mistura. A mistura (óleo + solvente) foi colocada, separadamente, em cada papel de filtro com o auxílio de uma pipeta graduada. A preparação do solvente era realizada, sempre, no dia da instalação do ensaio.

A quantidade da mistura colocada em cada disco de papel de filtro era aferida com base no seguinte procedimento: quatro discos de papel de filtro eram pesados e em seguida fazia-se uma média aritmética. Este valor era, sempre, multiplicado pelo número dois (02) para que fosse obtida a quantidade exata e reproduzível da mistura que seria utilizada no decorrer de cada experimento.

Todos os óleos foram ensaiados nas dosagens de 0,00 ppm (D0); 0,25 ppm (D1); 0,50 ppm (D2); 1,00 ppm (D3) e 2,00 ppm (D4).

O grau de pureza de todos os óleos era de 99%.

4.3. Assepsia e Esterilização de Pontes e Placas

As plataformas de provisão destinadas aos tratamentos, bem como as pontes de alumínio revestidas de gesso, foram higienizadas com sabão neutro líquido, esponja e água corrente. Logo em seguida, procedeu-se a uma lavagem com água destilada. Após secagem prévia em temperatura ambiente, placas e pontes foram submetidas à estufa a 100 °C por uma hora. O resfriamento foi realizado deixando-se ambos os utensílios expostos nas dependências do Núcleo de Experimentação. Já completamente resfriadas foram envoltos em papel alumínio a fim de eliminar a mais remota possibilidade de contaminação, seja por impurezas ou odores. Todo esse aparato foi somente retirado minutos antes do início de cada experimento.

O procedimento de assepsia e esterilização das placas e pontes foi rigorosamente obedecido 24 horas antes da realização de cada ensaio.

Todos os demais equipamentos utilizados receberam assepsia adequada.

4.4. Avaliação Comportamental

A avaliação do comportamento dos insetos ensaiados foi obtida em função de sete (07) tipos de respostas que integraram o elenco de observações. São eles: (1) Movimentação total (MT): número total de operárias que movimentavam-se, fora do sauveiro artificial, desempenhando qualquer tipo de atividade; (2) Acesso à área de provisão (AAP): número de operárias que movimentavam-se sobre a placa de vidro (área de provisão); (3) Acesso ao papel de filtro (APF): número de operárias que encontravam-se sobre o papel de filtro (tratado ou não); (4) Marcação de território na área de provisão (MTAP): número de operárias que realizavam marcação de território na área de provisão. Esta marcação era detectada quando as operárias levantavam o flagelo antenal, avaliando o estímulo através de movimentos oscilatórios da parte terminal do par de antenas e toques intermitentes com a extremidade do gáster sobre a placa de

vidro. (5) Marcação de território no papel de filtro (**MTPF**): número de operárias que realizavam a marcação do território no papel em estudo. Estas observações eram semelhantes às aquelas realizadas no item anterior, mudando-se, no entanto, o local analisado. (6) Exploração na área de provisão (**EAP**): número de operárias que concentravam suas atividades na área de provisão, logo após o período de avaliação. Nesta observação, as operárias encontravam-se paradas, levantando o flagelo antenal e avaliando o estímulo dos tratamentos com movimentos oscilatórios da parte terminal do par de antenas. (7) Identificação das fontes de estímulo (**IFE**): número de operárias que ao identificar as fontes de estímulo davam uma volta e retornavam aos jardins fúngicos. Na trilha, mantinham as antenas orientadas para baixo e tocavam, com a extremidade do gáster, a superfície da placa de vidro. Na sede real, transmitiam informações que desencadeavam o recrutamento.

As variáveis acesso ao papel de filtro (**APF**) e marcação de território no papel de filtro (**MTPF**) foram as únicas que permitiram uma comparação da dose zero ($D_0=0,00$ ppm) ou testemunha (papel de filtro + solvente) com as demais doses ($D_1=0,25$ ppm; $D_2=0,50$ ppm; $D_3=1,00$ ppm; $D_4=2,00$ ppm). Isto justificase pelo fato de que somente as variáveis em questão têm como alvo de análise as operárias que encontravam-se sobre o papel, tratado ou não. Nas demais variáveis, os dados apontavam para as operárias presentes na área de provisão (placa de vidro), ambiente no qual estavam sendo aplicados os óleos vegetais.

Foram anotados, também, dados referentes aos valores do volume de “jardim fúngico”, em cm^3 , durante os sete (07) dias subsequentes aos ensaios. Basicamente, com uma régua milimetrada, tomou-se quatro alturas de um mesmo saueiro. A altura média obtida foi, imediatamente, aplicada à fórmula do volume do cilindro ($V=\pi r^2 h$).

Os ensaios tiveram início, sempre, com a colocação dos discos de papel de filtro contendo os tratamentos com o auxílio de uma pinça esterilizada. Os tratamentos de cada ensaio foram dispostos da seguinte forma: papel de filtro, apenas (dose zero); papel de filtro + solvente (testemunha); papel de filtro +

solvente + óleo. As observações foram feitas seguindo a mesma metodologia de *caminhamento, no mesmo sentido da sequência dos saueiros instalados (FIGURA 03)*.

4.5. Análise Estatística dos Dados

O delineamento experimental utilizado foi o blocos casualizados num esquema fatorial 6x5x10 para as variáveis acesso ao papel de filtro (APF) e marcação de território no papel de filtro (MTPF) e 6x4x10 para as demais. No caso particular da variável volume do “jardim fúngico” utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso (10x5).

As médias foram testadas ao nível fiducial de 1% utilizando-se o teste de Tukey, à luz dos procedimentos recomendados por Banzatto e Kronka (1989); Pimentel Gomes (1990) e Nunes (1998).

O grau de associação entre as variáveis em estudo foi medido através de correlação de Pearson.

Os dados obtidos na pesquisa foram transformados ($\sqrt{x+2}$) para posterior análise. O logiciário MSTAT v. 2.1 foi utilizado para testar as hipóteses e auxiliar nas inferências.



FIGURA 03 – Disposição dos discos de papel de filtro, contendo os tratamentos ensaiados em saueiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS DO INSETO-ALVO

As substâncias químicas são grandes vetores que interferem no comportamento dos insetos, principalmente nos himenópteros eusociais através de estímulos ou sinais que regulam as interações de comportamento de maior importância para a manutenção e desenvolvimento do saueiro, interferindo desde o acasalamento, formação de trilha, marcação de território, transporte de provisão, seleção de plantas, à determinação de castas (SALES e PEQUENO, 1991a; FREIRE, 1994).

5.1. Variáveis Delineadoras do Comportamento

Preliminarmente, foi feita uma análise entre a dose zero ($D_0=0,00$ ppm) e a testemunha (papel de filtro + solvente). Esta mostrou não haver diferença estatística significativa entre os dois tratamentos, evidenciando assim, que o solvente usado para diluir os óleos é um produto inerte e que não interfere nos resultados obtidos, não comprometendo a confiabilidade da pesquisa. Porém, com a finalidade de proporcionar livre escolha às formigas, optou-se por não eliminar nenhum dos tratamentos em questão. Em todas as análises estatísticas, utilizou-se para os valores da dose zero, a média de todos os valores das doses zero de cada ensaio, por óleo.

É bom lembrar que o solvente era composto por etanol, acetona e água destilada. O etanol, que é um monoálcool, também chamado de álcool etílico ou álcool comum, apresenta-se como um líquido incolor, de cheiro característico e agradável e miscível em água. A acetona, também chamada propanona, dimetilcetona ou cetona comum, apresenta estas mesmas características. Ambos são empregados como solventes, inclusive na extração de óleos de sementes vegetais

(SARDELLA; MATEUS, 1991). Assim, já era esperado que não houvesse *interferência destas substâncias nos resultados da pesquisa.*

Optou-se por trabalhar com formigas na investigação de variáveis comportamentais porque, segundo Morais e Benson (1988), estes insetos são organismos bastante adequados para estudos sobre padrões estruturais e temporais e processos dentro das comunidades, dada a sua dominância tanto em número de indivíduos como de espécies, relativa facilidade de coleta e baixa mobilidade dos ninhos.

As formigas do gênero *Atta*, em especial a saúva do nordeste, têm o comportamento mediado por um repertório de substâncias químicas, chamadas semioquímicos, que atuam em todo o ciclo biológico, desde o acasalamento até a determinação de castas, não excluindo a intermediação destas fases por estímulos físicos, já que existem evidências da interferência destes nos processos de comunicação das formigas (SALES, 1998).

Na **TABELA 01**, pode-se visualizar os valores obtidos para a análise de variância (ANVA) das variáveis movimentação total (**MT**), acesso a área de provisão (**AAP**), acesso ao papel de filtro (**APF**), marcação de território na área de provisão (**MTAP**), marcação de território no papel de filtro (**MTPF**), exploração na área de provisão (**EAP**) e identificação das fontes de estímulo (**IFE**) em operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*).

O controle comportamental e a subsequente domesticação de qualquer entidade biológica requer a precisa determinação da cronobiologia do organismo envolvido. Com relação à saúva do nordeste (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939), e as demais presentes nos ecossistemas brasileiros, acham-se indeterminados os *Zeitgebers* que estimulam os osciladores internos destes mirmicíneos. Os *Zeitgebers* são os diversos ciclos ambientais capazes de regular o período e a fase destes osciladores internos (SALES, 1998).

Verificamos que o teste **F** para a interação óleo x dose foi significativa somente para o acesso ao papel de filtro (**APF**) e marcação de território no papel

TABELA 01 - Análise de variância para a movimentação total (MT), acesso a área de provisão (AAP), acesso ao papel de filtro (APF), marcação de território na área de provisão (MTAP), marcação de território no papel de filtro (MTPF), exploração da área de provisão (EAP) e identificação das fontes de estímulo (IFE) por operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

Variáveis	Causas da Variação	G.L.	Q.M.	C.V. (%)
MT	Óleos (O)	5	18,037**	23,29
	Doses (D)	3	0,032**	
	Interação O x D	15	0,006	
AAP	Óleos (O)	5	469,581**	52,44
	Doses (D)	3	0,441**	
	Interação O x D	15	0,581	
APF	Óleos (O)	5	1,760**	34,35
	Doses (D)	4	4,318**	
	Interação O x D	20	1,527**	
MTAP	Óleos (O)	5	147,189**	44,44
	Doses (D)	3	0,537**	
	Interação O x D	15	0,479	
MTPF	Óleos (O)	5	1,014**	22,47
	Doses (D)	4	1,166**	
	Interação O x D	20	0,392**	
EAP	Óleos (O)	5	117,289**	58,08
	Doses (D)	3	0,366**	
	Interação O x D	15	0,153	
IFE	Óleos (O)	5	23,096**	51,48
	Doses (D)	3	0,599**	
	Interação O x D	15	0,247	

** Nível de significância de 1%.

Dados transformados: $\sqrt{x+2}$.

de filtro (**MTPF**), ($P < 0,01$), indicando existir uma dependência entre os efeitos dos fatores. Os valores para o coeficiente de variação oscilaram entre 22,47 e 58,08%.

O comportamento das formigas do gênero *Atta*, na busca de provisão, sofre influências isoladas de ordem física, química e biológica ou a combinação de dois ou mais desses fatores (MOREIRA, 1997).

Nas **TABELAS 02 e 03** encontram-se os desdobramentos da interação óleo x dose para o comportamento das doses dentro de cada óleo e dos óleos dentro de cada dose, respectivamente. Podemos observar que todos os óleos e todas as doses apresentam diferença significativa ($P < 0,01$) para o acesso ao papel de filtro (**APF**) e marcação de território no papel de filtro (**MTPF**).

Segundo Panizzi e Parra (1991), as formigas não são generalistas em termos de amplitude dos recursos explorados e existem até espécies especializadas que somente exploram um ou poucos tipos de recursos alimentares. Isto pode explicar, em parte, o grau de territorialidade, tanto inter como intra-específico, comum em formigas.

As **FIGURAS 04, 05, 06, 07, 08, 09 e 10** mostram o efeito das atividades de acesso ao papel de filtro (**APF**), marcação de território no papel de filtro (**MTPF**), movimentação total (**MT**), acesso a área de provisão (**AAP**), marcação de território na área de provisão (**MTAP**), exploração na área de provisão (**EAP**) e identificação das fontes de estímulo (**IFE**), respectivamente, em saueiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*).

Nas **FIGURAS 04 e 05** observa-se que o 2-tridecanona, constituinte químico do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (**OE5**), mostrou acentuada queda no acesso ao papel de filtro (**APF**) e marcação de território no papel de filtro (**MTPF**) quando foram aplicadas quaisquer das doses investigadas.

A marcação de território é uma característica das formigas para execução de certas atividades comportamentais e envolve áreas que circundam o

TABELA 02 - Desdobramento da interação óleo x dose para o efeito das doses (0,00; 0,25; 0,50; 1,00 e 2,00 ppm) dentro de cada óleo (OE1, OE2, OE3, OE4, OE5 e OE6) em operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (Hymenoptera: Formicidae). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

Variáveis	Causas da Variação	G.L.	Q.M.
APF	OE1	5	0,046**
	OE2	5	0,101**
	OE3	5	0,253**
	OE4	5	1,103**
	OE5	5	8,013**
	OE6	5	0,049**
	Resíduo	261	0,473
MTPF	OE1	5	0,022**
	OE2	5	0,016**
	OE3	5	0,266**
	OE4	5	0,143**
	OE5	5	2,002**
	OE6	5	0,048**
	Resíduo	261	0,142

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

OE1 e OE5 – óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.; Rutaceae) e 2-tridecanona, seu constituinte químico, respectivamente;

OE2 e OE3 – óleo de eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.; Mirtaceae), constituintes químicos citronelol e citronelal, respectivamente;

OE4 – óleo de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.; Verbenaceae);

OE6 – óleo de NIM (*Azadirachta indica* A. Juss; Meliaceae).

APF – acesso ao papel de filtro;

MTPF – marcação de território no papel de filtro.

TABELA 03 - Desdobramento da interação óleo x dose para o efeito dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.; *Rutaceae*) e 2-tridecanona, seu constituinte químico; eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.; *Mirtaceae*), constituintes químicos citronelol e citronelal; alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.; *Verbenaceae*) e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss; *Meliaceae*), dentro de cada dose testada (D0, D1, D2, D3 e D4) em operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

Variáveis	Causas da Variação	G.L.	Q.M.
APF	D0	4	9,149**
	D1	4	0,099**
	D2	4	0,224**
	D3	4	0,132**
	D4	4	0,270**
	Resíduo	261	0,473
MTPF	D0	4	2,342**
	D1	4	0,201**
	D2	4	0,229**
	D3	4	0,261**
	D4	4	0,193**
	Resíduo	261	0,142

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

D0 – 0,00 ppm; **D1** – 0,25 ppm; **D2** – 0,50 ppm; **D3** – 1,00 ppm e **D4** – 2,00 ppm.

APF – acesso ao papel de filtro;

MTPF – marcação de território no papel de filtro.

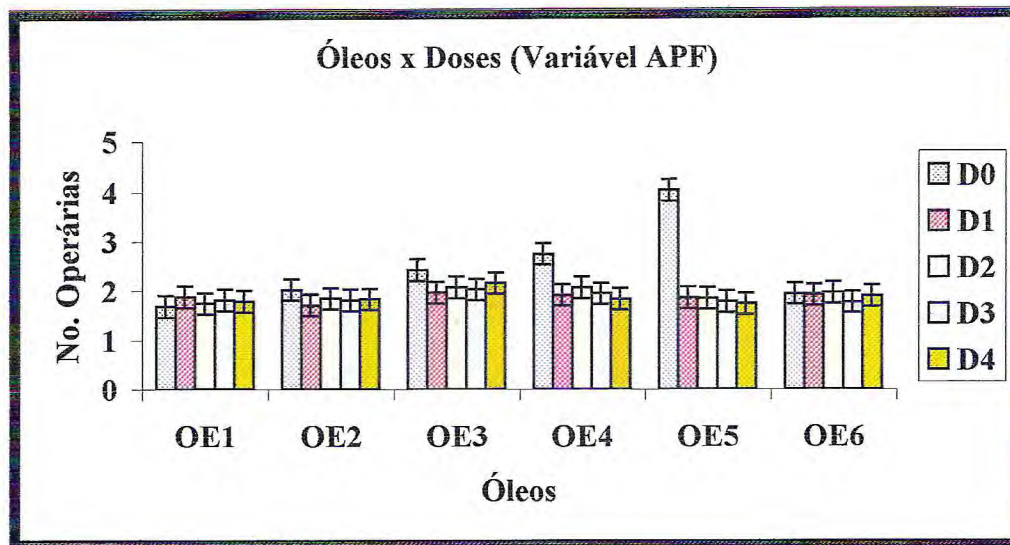


FIGURA 04 – Efeito das doses de 0,00 ppm (D0); 0,25 ppm (D1); 0,50 ppm (D2); 1,00 ppm (D3) e 2,00 ppm (D4) e dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.: *Rutaceae*), (OE1), e 2-tridecanona, seu constituinte químico, (OE5), eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.: *Mirtaceae*), constituintes químicos citrionelol, (OE2), e citrionelal, (OE3), alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.: *Verbenaceae*), (OE4), e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss: *Meliaceae*), (OE6), no acesso ao papel de filtro (APF) por operárias de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

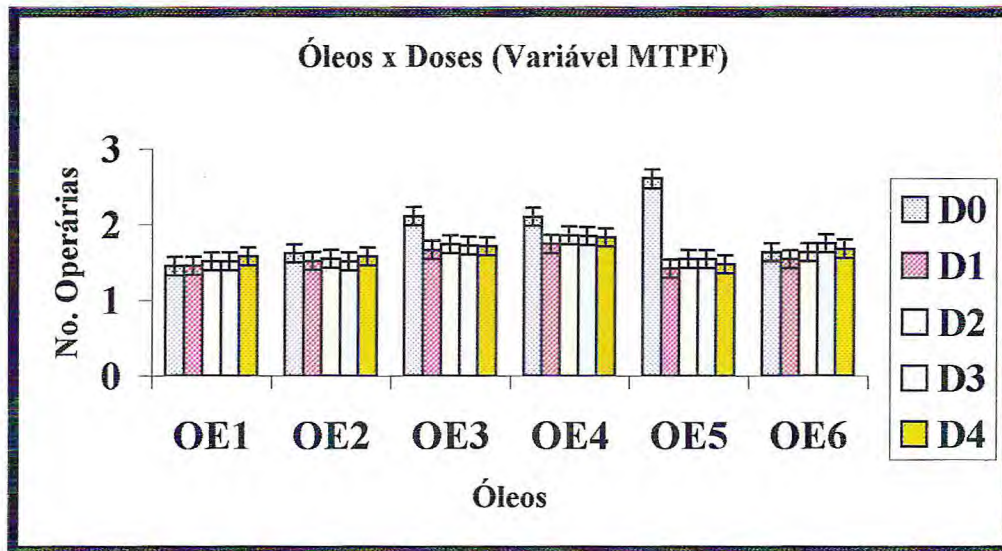


FIGURA 05 – Efeito das doses de 0,00 ppm (**D0**); 0,25 ppm (**D1**); 0,50 ppm (**D2**); 1,00 ppm (**D3**) e 2,00 ppm (**D4**) e dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.: *Rutaceae*), (**OE1**), e 2-tridecanona, seu constituinte químico, (**OE5**), eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.: *Mirtaceae*), constituintes químicos citronelol, (**OE2**), e citronelal, (**OE3**), alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.: *Verbenaceae*), (**OE4**), e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss: *Meliaceae*), (**OE6**), na marcação de território no papel de filtro (**MTPF**) por operárias de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

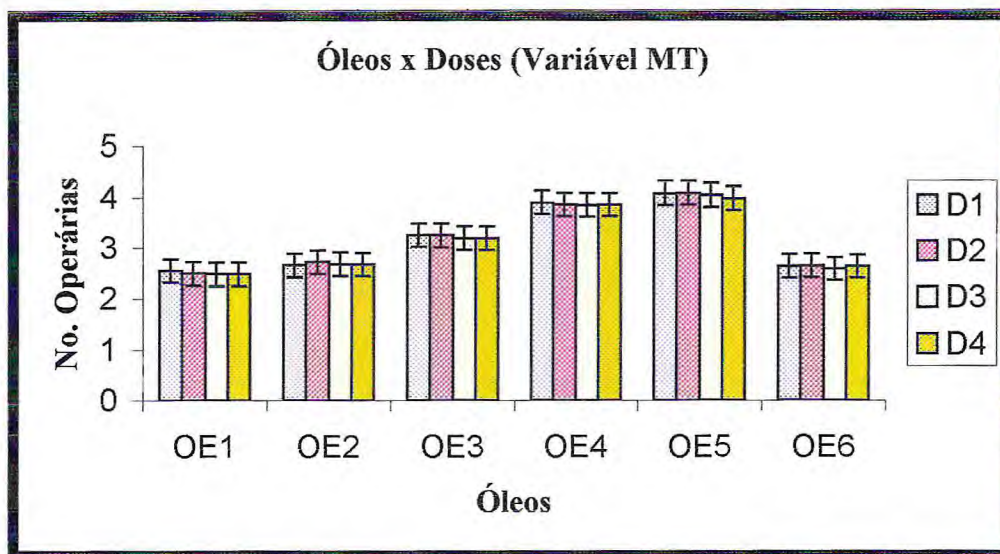


FIGURA 06 – Efeito das doses de 0,25 ppm (D1); 0,50 ppm (D2); 1,00 ppm (D3) e 2,00 ppm (D4) e dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.: *Rutaceae*), (OE1), e 2-tridecanona, seu constituinte químico, (OE5), eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.: *Mirtaceae*), constituintes químicos citronelol, (OE2), e citronelal, (OE3), alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.: *Verbenaceae*), (OE4), e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss: *Meliaceae*), (OE6), na movimentação total (MT) de operárias de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

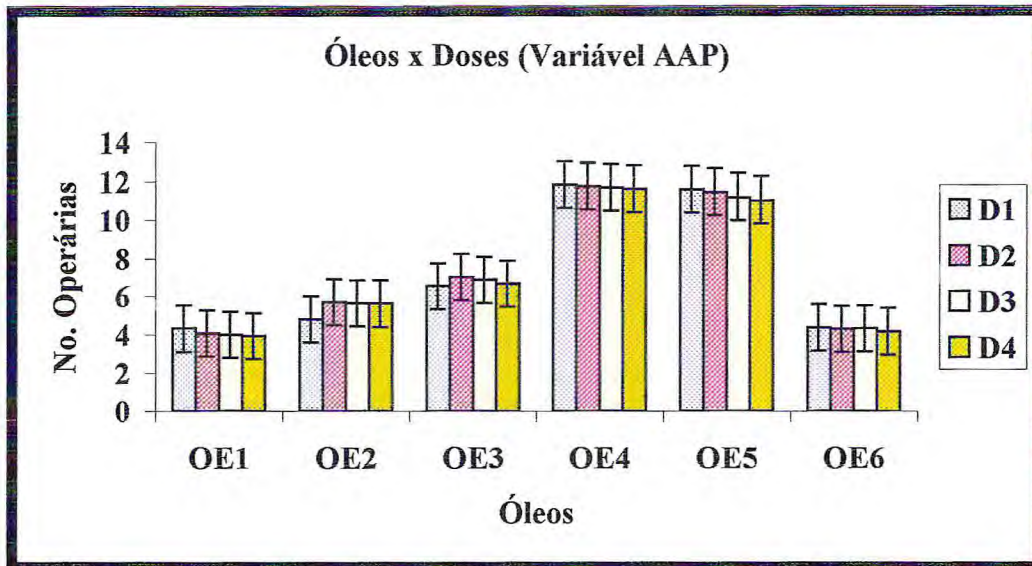


FIGURA 07 – Efeito das doses de 0,25 ppm (D1); 0,50 ppm (D2); 1,00 ppm (D3) e 2,00 ppm (D4) e dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.: *Rutaceae*), (OE1), e 2-tridecanona, seu constituinte químico, (OE5), eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.: *Mirtaceae*), constituintes químicos citronelol, (OE2), e citronelal, (OE3), alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.: *Verbenaceae*), (OE4), e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss: *Meliaceae*), (OE6), no acesso a área de provisão (AAP) por operárias de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

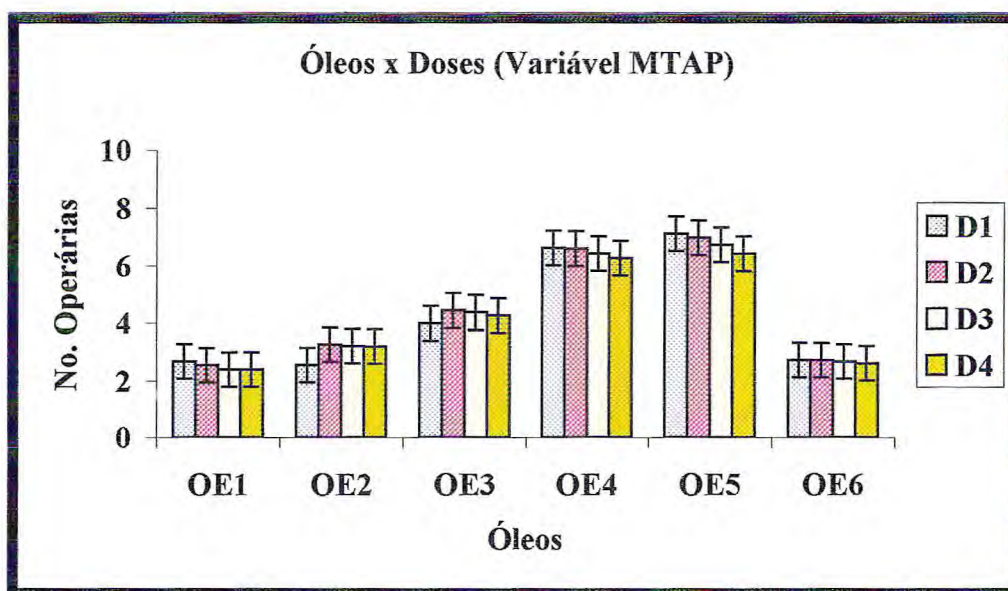


FIGURA 08 – Efeito das doses de 0,25 ppm (D1); 0,50 ppm (D2); 1,00 ppm (D3) e 2,00 ppm (D4) e dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.: *Rutaceae*), (OE1), e 2-tridecanona, seu constituinte químico, (OE5), eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.: *Mirtaceae*), constituintes químicos citronelol, (OE2), e citronelal, (OE3), alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.: *Verbenaceae*), (OE4), e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss: *Meliaceae*), (OE6), na marcação de território na área de provisão (MTAP) por operárias de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (Hymenoptera: Formicidae). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

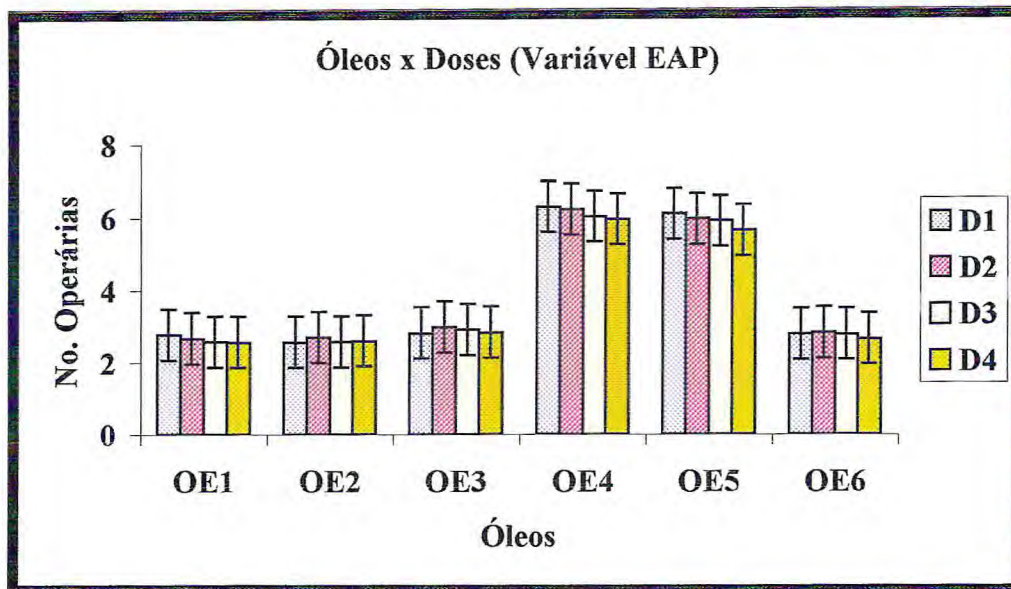


FIGURA 09 – Efeito das doses de 0,25 ppm (**D1**); 0,50 ppm (**D2**); 1,00 ppm (**D3**) e 2,00 ppm (**D4**) e dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.: *Rutaceae*), (**OE1**), e 2-tridecanona, seu constituinte químico, (**OE5**), eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.: *Mirtaceae*), constituintes químicos citronelol, (**OE2**), e citronelal, (**OE3**), alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.: *Verbenaceae*), (**OE4**), e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss: *Meliaceae*), (**OE6**), na exploração da área de provisão (**EAP**) por operárias de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

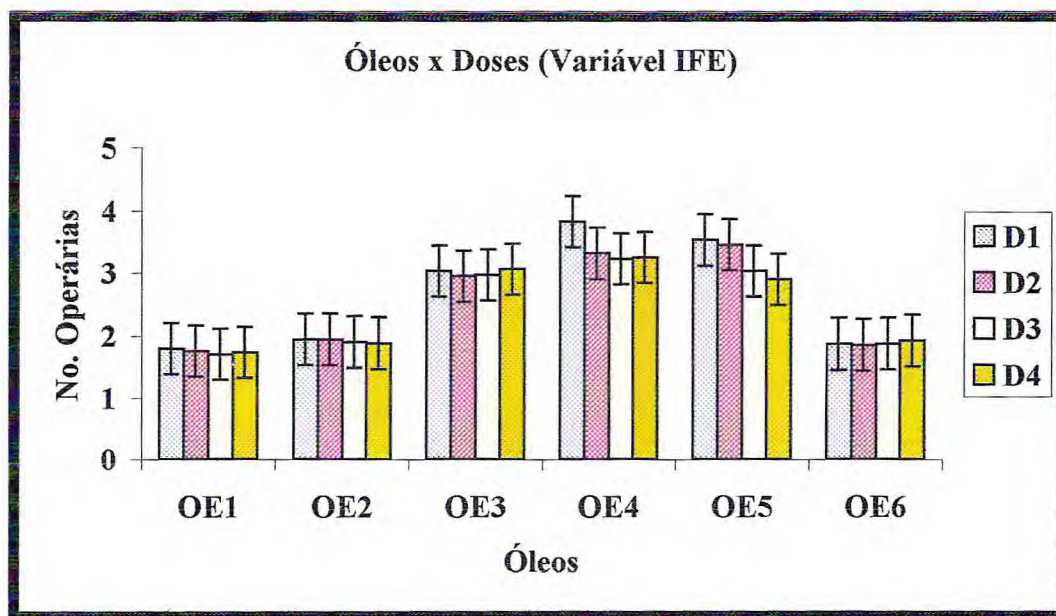


FIGURA 10 – Efeito das doses de 0,25 ppm (D1); 0,50 ppm (D2); 1,00 ppm (D3) e 2,00 ppm (D4) e dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.: *Rutaceae*), (OE1), e 2-tridecanona, seu constituinte químico, (OE5), eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.: *Mirtaceae*), constituintes químicos citronelol, (OE2), e citronelal, (OE3), alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.: *Verbenaceae*), (OE4), e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss: *Meliaceae*), (OE6), na identificação das fontes de estímulo (IFE) por operárias de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

formigueiro e as trilhas que o inseto utiliza na busca de provisão, que podem ser alteradas em função do desenvolvimento da colônia (HOLLDOLBLER, 1976). Existem poucas referências na literatura sobre o estabelecimento de domínio territorial entre as saúvas (VILELA; HOWSE, 1986).

A movimentação total (MT) apresentou certa estabilidade na relação óleos/doses, demonstrando, portanto que, nenhuma das doses e dos óleos testados afetam o comportamento desta variável (FIGURA 06).

O acesso a área de provisão (AAP), marcação de território na área de provisão (MTAP) e exploração na área de provisão (EAP) apresentaram comportamentos semelhantes. Com exceção da dose de 0,25 ppm (D1), todas as demais mostraram acréscimo nos valores das variáveis estudadas, não variando, entretanto, entre elas para o óleo de eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.), constituinte químico citronelol, (OE2). Fato curioso e antagônico foi observado para o 2-tridecanona, constituinte químico do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE5) e para o óleo de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.), (OE4). À medida que a concentração das doses aumentava, observava-se um concomitante decréscimo sobre as variáveis em questão (FIGURAS 07, 08 e 09).

As variáveis em discussão apresentam como característica comum o envolvimento do flagelo antenal para a avaliação do estímulo dos tratamentos. A antena é, sem dúvida, o mais complexo, o mais importante e o mais estudado dos órgãos responsáveis pela identificação do alimento pelas formigas. Isto se deve ao fato de que a antena é capaz de detectar informações de natureza tátil, vibratória, térmica, e a totalidade das informações olfativas, assim como uma boa parte das informações gustativas. A antena participa ativamente de qualquer comportamento ligado à procura ou à identificação do alimento. A identificação de um alimento é a sucessão ou a justaposição de sequências comportamentais nas quais as diversas modalidades sensoriais participam. As informações sobre o papel desempenhado pelos órgãos sensoriais no processo alimentar das formigas são encontradas esparsamente na literatura entomológica. Basicamente, quando

uma formiga é colocada frente a um alimento, ela vai, na maioria das vezes, sucessivamente, “olhar” (receptores: omatídeos do olho), “sentir” com a antena, varrendo o ar em torno dela (receptores olfativos antenais), “tocar” para provar o gosto do alimento (receptores gustativos e mecanossensíveis das antenas e dos palpos), e “fazer o contato” com as outras partes da região oral (PANNIZI; PARRA, 1991). As atividades comportamentais estudadas pela presente pesquisa, quando submetidas ao 2-tridecanona, constituinte químico do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE5), revelaram certa redução no número de operárias. É possível, então, que apenas duas das três ações citadas anteriormente tenham sido executadas pelas *Atta* operárias, demonstrando, assim, um princípio de repelência a este “produto”.

Na FIGURA 10 pode-se observar o comportamento da atividade de identificação das fontes de estímulo (IFE) sob o efeito das diversas doses e óleos. Os óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE1); eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.), constituintes químicos citronelol (OE2) e citronelal (OE3) e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss), (OE6), apresentaram comportamentos estáveis. Para o óleo de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.), (OE4), apenas a dose de 0,25 ppm (D1) mostrou-se discrepante das demais. O 2-tridecanona, constituinte químico do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE5), revelou certa similaridade nos efeitos das doses de 0,25 ppm (D1) e 0,50 ppm (D2). O mesmo foi observado para as doses de 1,00 ppm (D3) e 2,00 ppm (D4). Observou-se, também, uma diminuição nos valores obtidos quando estas duas últimas doses foram testadas (D3 e D4).

As TABELAS 04, 05, 06, 07, 08, 09 e 10 apresentam o teste de comparação de médias para as variáveis estudadas segundo os procedimentos estatísticos de Tukey com nível fiducial de 1%.

Nas TABELAS 04 e 05 verificamos que, apenas, a ausência dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE1); eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.), constituintes químicos citronelol (OE2) e citronelal (OE3); alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.), (OE4) e NIM (*Azadirachta indica*

TABELA 04 - Comparação de médias para o acesso ao papel de filtro (APF) por operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5	OE6
D0	1,670 b A	2,021 b A	2,422 b A	2,752 b A	4,045 a A	1,964 b A
D1	1,873 a A	1,710 a A	1,968 a A	1,917 a A	1,862 a B	1,921 a A
D2	1,741 a A	1,846 a A	2,069 a A	2,072 a A	1,850 a B	1,968 a A
D3	1,810 a A	1,809 a A	2,026 a A	1,948 a A	1,786 a B	1,775 a A
D4	1,786 a A	1,832 a A	2,155 a A	1,837 a A	1,741 a B	1,899 a A

1) Para cada dose, letras minúsculas iguais indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

2) Para cada óleo, letras maiúsculas iguais indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

Legenda:

D0: 0,00 ppm; **D1:** 0,25 ppm; **D2:** 0,50 ppm; **D3:** 1,00 ppm; **D4:** 2,00 ppm.

OE1 e **OE5:** óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.; *Rutaceae*) e 2-tridecanona, seu constituinte químico, respectivamente;

OE2 e **OE3:** óleo de eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.; *Mirtaceae*), constituintes químicos citronelol e citronelal, respectivamente;

OE4: óleo de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.; *Verbenaceae*);

OE6: óleo de NIM (*Azadirachta indica* A. Juss; *Meliaceae*).

TABELA 05 - Comparação de médias para a marcação de território no papel de filtro (MTPF) por operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (Hymenoptera: Formicidae). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5	OE6
D0	1,446 b A	1,621 b A	2,112 b A	2,100 b A	2,606 a A	1,632 b A
D1	1,446 a A	1,518 a A	1,665 a A	1,742 a A	1,414 a B	1,541 a A
D2	1,510 a A	1,541 a A	1,735 a A	1,855 a A	1,541 a B	1,632 a A
D3	1,510 a A	1,510 a A	1,717 a A	1,845 a A	1,541 a B	1,754 a A
D4	1,573 a A	1,573 a A	1,714 a A	1,827 a A	1,478 a B	1,682 a A

1) Para cada dose, letras minúsculas iguais indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

2) Para cada óleo, letras maiúsculas iguais indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

Legenda:

D0: 0,00 ppm; **D1:** 0,25 ppm; **D2:** 0,50 ppm; **D3:** 1,00 ppm; **D4:** 2,00 ppm.

OE1 e **OE5:** óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.; Rutaceae) e 2-tridecanona, seu constituinte químico, respectivamente;

OE2 e **OE3:** óleo de eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.; Mirtaceae), constituintes químicos citronelol e citronelal, respectivamente;

OE4: óleo de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.; Verbenaceae);

OE6: óleo de NIM (*Azadirachta indica* A. Juss; Meliaceae).

TABELA 06 - Comparação de médias para a movimentação total (MT) de operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (Hymenoptera: Formicidae). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5	OE6
D1	2,546 b A	2,653 b A	3,254 a A	3,902 a A	4,078 a A	2,635 b A
D2	2,490 b A	2,716 b A	3,250 a A	3,861 a A	4,087 a A	2,651 b A
D3	2,476 b A	2,673 b A	3,193 a A	3,854 a A	4,048 a A	2,581 b A
D4	2,476 b A	2,671 b A	3,194 a A	3,860 a A	3,982 a A	2,632 b A

1) Para cada dose, letras minúsculas iguais indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

2) Para cada óleo, letras maiúsculas iguais indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

Legenda:

D1: 0,25 ppm; **D2:** 0,50 ppm; **D3:** 1,00 ppm; **D4:** 2,00 ppm.

OE1 e **OE5:** óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.; *Rutaceae*) e 2-tridecanona, seu constituinte químico, respectivamente;

OE2 e **OE3:** óleo de eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.; *Mirtaceae*), constituintes químicos citronelol e citronelal, respectivamente;

OE4: óleo de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.; *Verbenaceae*);

OE6: óleo de NIM (*Azadirachta indica* A. Juss; *Meliaceae*).

TABELA 07 - Comparação de médias para o acesso a área de provisão (AAP) por operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5	OE6
D1	4,331 b A	4,812 b A	6,539 a A	11,820 a A	11,600 a A	4,393 b A
D2	4,084 b A	5,709 b A	7,031 a A	11,750 a A	11,460 a A	4,303 b A
D3	4,002 b A	5,645 b A	6,893 a A	11,690 a A	11,210 a A	4,333 b A
D4	3,946 b A	5,632 b A	6,692 a A	11,620 a A	11,040 a A	4,193 b A

1) Para cada dose, letras minúsculas iguais indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

2) Para cada óleo, letras maiúsculas iguais indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

Legenda:

D1: 0,25 ppm; **D2:** 0,50 ppm; **D3:** 1,00 ppm; **D4:** 2,00 ppm.

OE1 e **OE5:** óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.; *Rutaceae*) e 2-tridecanona, seu constituinte químico, respectivamente;

OE2 e **OE3:** óleo de eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.; *Mirtaceae*), constituintes químicos citronelol e citronelal, respectivamente;

OE4: óleo de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.; *Verbenaceae*);

OE6: óleo de NIM (*Azadirachta indica* A. Juss; *Meliaceae*).

TABELA 08 - Comparação de médias para a marcação de território na área de provisão (MTAP) por operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (Hymenoptera: Formicidae). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5	OE6
D1	2,675 b A	2,554 b A	4,005 a A	6,622 a A	7,117 a A	2,736 a A
D2	2,559 b A	3,262 b A	4,448 a A	6,591 a A	6,982 a A	2,729 a A
D3	2,385 b A	3,222 b A	4,378 a A	6,412 a A	6,744 a A	2,676 a A
D4	2,404 b A	3,208 b A	4,267 a A	6,263 a A	6,429 a A	2,624 a A

1) Para cada dose, letras minúsculas iguais indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

2) Para cada óleo, letras maiúsculas iguais indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

Legenda:

D1: 0,25 ppm; **D2:** 0,50 ppm; **D3:** 1,00 ppm; **D4:** 2,00 ppm.

OE1 e **OE5:** óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.; *Rutaceae*) e 2-tridecanona, seu constituinte químico, respectivamente;

OE2 e **OE3:** óleo de eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.; *Mirtaceae*), constituintes químicos citronelol e citronelal, respectivamente;

OE4: óleo de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.; *Verbenaceae*);

OE6: óleo de NIM (*Azadirachta indica* A. Juss; *Meliaceae*).

TABELA 09 - Comparação de médias para a exploração na área de provisão (EAP) por operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (Hymenoptera: Formicidae). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5	OE6
D1	2,778 b A	2,299 b A	2,828 b A	6,300 a A	6,118 a A	2,797 b A
D2	2,679 b A	2,707 b A	2,990 b A	6,232 a A	5,971 a A	2,837 b A
D3	2,586 b A	2,586 b A	2,924 b A	6,032 a A	5,916 a A	2,791 b A
D4	2,573 b A	2,611 b A	2,846 b A	5,966 a A	5,658 a A	2,662 b A

1) Para cada dose, letras minúsculas iguais indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

2) Para cada óleo, letras maiúsculas iguais indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

Legenda:

D1: 0,25 ppm; **D2:** 0,50 ppm; **D3:** 1,00 ppm; **D4:** 2,00 ppm.

OE1 e **OE5:** óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.; *Rutaceae*) e 2-tridecanona, seu constituinte químico, respectivamente;

OE2 e **OE3:** óleo de eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.; *Mirtaceae*), constituintes químicos citronelol e citronelal, respectivamente;

OE4: óleo de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.; *Verbenaceae*);

OE6: óleo de NIM (*Azadirachta indica* A. Juss; *Meliaceae*).

TABELA 10 - Comparação de médias para a identificação das fontes de estímulo (IFE) por operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (Hymenoptera: Formicidae). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5	OE6
D1	1,799 b A	1,945 a A	3,037 a A	3,826 a A	3,534 a A	1,868 a A
D2	1,761 a A	1,944 a A	2,952 a A	3,318 a A	3,456 a A	1,855 a A
D3	1,710 a A	1,900 a A	2,974 a A	3,231 a A	3,033 a A	1,876 a A
D4	1,742 a A	1,884 a A	3,070 a A	3,251 a A	2,898 a A	1,922 a A

1) Para cada dose, letras minúsculas iguais indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

2) Para cada óleo, letras maiúsculas iguais indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

Legenda:

D1: 0,25 ppm; **D2:** 0,50 ppm; **D3:** 1,00 ppm; **D4:** 2,00 ppm.

OE1 e **OE5:** óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.; *Rutaceae*) e 2-tridecanona, seu constituinte químico, respectivamente;

OE2 e **OE3:** óleo de eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.; *Mirtaceae*), constituintes químicos citrionelol e citrionelal, respectivamente;

OE4: óleo de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.; *Verbenaceae*);

OE6: óleo de NIM (*Azadirachta indica* A. Juss; *Meliaceae*).

A. Juss), (OE6), apresentou diferença significativa. O 2-tridecanona, constituinte químico do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE5), foi o único a demonstrar que quaisquer das doses testadas, exerce influência sobre o acesso ao papel de filtro (APF) e marcação de território no papel de filtro (MTPF).

Para a movimentação total (MT) e o acesso a área de provisão (AAP) todos os óleos mostraram comportamento estatístico semelhante. Os óleos de eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.), constituinte químico citronelal (OE3); alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.), (OE4) e o 2-tridecanona, constituinte químico do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE5), não demonstraram qualquer efeito sobre os parâmetros em estudo. Os demais esboçaram diferenças estatísticas significantes, não diferindo, porém, quanto a dosagem testada (TABELAS 06 e 07).

Para a variável marcação de território na área de provisão (MTAP), TABELA 08, observa-se que, apenas, os óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.) (OE1) e eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.), constituinte químico citronelol (OE2) apresentaram diferenças médias ao nível de 1% de probabilidade., mostrando certa repelência destes óleos nos insetos em estudo.

A TABELA 09 mostra o efeito da comparação de médias para a exploração na área de provisão (EAP). Os óleos de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.), (OE4) e o 2-tridecanona, constituinte químico do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE5), não demonstraram reação significativa frente ao parâmetro testado.

O óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.) (OE1) foi o único a apresentar influência na identificação das fontes de estímulo (IFE). A dose de 0,25 ppm (D1) revelou diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,01$) (TABELA 10).

A operação de deslocamento das operárias da sede real à fonte de provisão visa a utilização adequada de tempo e espaço de modo a otimizar o

processo ergonômico e assegurar o sucesso da espécie. O transporte de provisão das espécies pertencentes ao gênero *Atta* constitui-se em comportamento essencial ao sucesso de saúveiros naturais e artificiais. Este comportamento passa a ocorrer quando as operárias batedoras percebem o estímulo correto que vai desencadear as reações que caracterizam o etograma de cada espécie (SALES, 1998). O mesmo autor, no ano de 1994, determinou numa ação investigativa que o estímulo químico é o responsável pelo início e a manutenção da busca de provisão nas espécies de saúva do nordeste (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939) e saúva limão (*Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1909).

As evidências para a memória de longa duração das relações espaciais e visuais em formigas não são numerosas, mas são documentadas para formigas cujas operárias têm vida longa (ROSENGREN; FORTELIUS, 1986). As informações visuais e memória são também importantes no reconhecimento do ninho, do território da colônia (JAFFÉ e MARCUSE, 1983; FRESNAU, 1985) e na orientação ao ninho pelas exploradoras de recursos alimentares (ROSENGREN, 1971; DUELLI e DUELLI-KLEIN, 1976; HOLLDÖBLER, 1980).

5.2. Correlação entre as Variáveis de Comportamento

Uma medida do grau de associação entre as variáveis ou da intensidade com que estas variam conjuntamente é a correlação. Quando essas variáveis são simultaneamente afetadas por causas externas, a correlação pode ser o procedimento mais lógico para a análise e compreensão dos dados (NUNES, 1998).

Matrizes de contingência para correlação de Pearson entre as variáveis movimentação total (MT), acesso a área de provisão (AAP), acesso ao papel de filtro (APF), marcação de território na área de provisão (MTAP), marcação de território no papel de filtro (MTPF), exploração na área de provisão (EAP) e

identificação das fontes de estímulo (IFE) em operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (Hymenoptera: Formicidae) são apresentadas na TABELA 11.

Nos sauveiros artificiais investigados, a variável que contempla a movimentação total (MT) correlacionou-se, direta e significativamente ao nível de 1% de probabilidade, com a variável acesso a área de provisão (AAP), por operárias de saúva do nordeste, com um valor de 98,1%.

Resultados semelhantes foram obtidos com a marcação de território na área de provisão (MTAP), exploração na área de provisão (EAP) e identificação das fontes de estímulo (IFE), com valores acima de 93%.

Com relação as variáveis marcação de território na área de provisão (MTAP), exploração na área de provisão (EAP) e identificação das fontes de estímulo (IFE), observa-se uma correlação positiva e significativa com a variável acesso a área de provisão (AAP), em mais de 90%, ao nível de 1% de probabilidade.

Os sinais químicos são utilizados nas diversas atividades do padrão comportamental, como marcação de trilha, de território e outros. Os utilizados na marcação de trilha podem ser modulados também para a marcação de área em volta do sauveiro ou nos locais de corte de material vegetal e transporte de provisão. No processo de busca e marcação em laboratório, observou-se que as operárias avançam passo a passo, tocando a extremidade do gáster no substrato de vez em quando, depositando os produtos. As áreas marcadas alteram o comportamento das formigas (HOWSE, 1986).

A comunicação entre os insetos realiza-se através de utilização de muitos compostos naturais, os sinais químicos, caracterizando a comunicação principalmente entre os himenópteros eusociais. Alguns aspectos fenológicos correlacionados com a proporção dos feromônios, revelaram que os indivíduos desta ordem estão programados para biossintetizar compostos específicos com grande precisão temporal. Algumas castas como rainhas e operárias produzem feromônios específicos de certas castas que evoluíram para regular a

TABELA 11 - Matriz de contingência à Correlação de Pearson, para a movimentação total (MT), acesso a área de provisão (AAP), acesso ao papel de filtro (APF), marcação de território na área de provisão (MTAP), marcação de território no papel de filtro (MTPF), exploração na área de provisão (EAP) e identificação das fontes de estímulo (IFE) por operárias de saúva do nordeste, *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

78

Variáveis	MT	AAP	APF	MTAP	MTPF	EAP
MT	-	-	-	-	-	-
AAP	0,981**	-	-	-	-	-
APF	0,199**	0,148**	-	-	-	-
MTAP	0,993**	0,991**	0,188**	-	-	-
MTPF	0,274**	0,305**	0,899**	0,266**	-	-
EAP	0,936**	0,966**	0,043**	0,954**	0,259**	-
IFE	0,936**	0,905**	0,426**	0,924**	0,423**	0,820**

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste T.

Número de observações/variável = 10.

multiplicidade de interações sociais importantes (BLUM, 1988). É provável pela alta correlação encontrada que, a área de provisão seja o local onde os sinais químicos que regulam a marcação de território, a exploração pelas operárias e a identificação das fontes de estímulo, atuam mais intensamente favorecendo assim as atividades comportamentais dos insetos estudados.

Ainda conforme a TABELA 11, a variável marcação de território na área de provisão (MTAP) correlacionou-se com as variáveis exploração na área de provisão (EAP) e identificação das fontes de estímulo (IFE) com valores de 95,4 e 92,4%, respectivamente.

A saúva do nordeste (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939), segundo Bezerra (1995), enseja a disposição do feromônio de trilha, através de toque suave no solo, da extremidade do gáster, marcando o caminho, que a operária percorrerá até a fonte de provisão; durante este percurso, prosseguirá a movimentação antenal e disposição intermitente do feromônio de trilha até localizar e identificar a fonte de provisão.

A variável exploração na área de provisão (EAP) correlacionou-se positivamente com a variável identificação das fontes de estímulo (IFE) com um valor de 82%.

Foi observada ainda, uma correlação direta, positiva e significativa ao nível de 1% de probabilidade, entre o acesso ao papel de filtro (APF) e marcação de território no papel de filtro (MTPF), com um valor aproximado de 90%.

O território de uma colônia de formigas envolve as áreas que circundam o formigueiro e as trilhas que o inseto utiliza na busca de provisão. Estas podem ser alteradas em função do desenvolvimento do ninho (HOLLDOBLER, 1976).

Segundo Oliveira et al. (1990), as glândulas de veneno localizadas no sistema glandular do abdome constituem a principal fonte produtora e armazenadora das substâncias responsáveis pelas atividades realizadas nas trilhas de provisão e marcação de território. Outrossim, em bioensaios, ao utilizarem técnicas de cromatografia em fase gasosa, os autores identificaram como principal componente desta glândula, os compostos químicos 4-metilpirrol-2-

carboxilato de metila e 3-etil-2,5-dimetil pirazina produzidos, respectivamente, pelos atíneos *Atta laevigata* e *Atta bisphaerica*.

Com relação à marcação de território, os sinais químicos utilizados na marcação de trilhas podem ser modulados para a marcação da área em volta do saúveiro ou nos locais de corte de substrato vegetal. Pelo fato do feromônio de território ser altamente volátil é provável que a marcação de áreas seja, entre as cortadeiras, uma atividade contínua e relacionada a intensidade de exploração do território. Embora os componentes feromonais não tenham sido perfeitamente identificados, sabe-se que pequenas variações nas suas proporções relativas bastam para caracterizar uma colônia específica. O feromônio territorial de saúva-da-mata, *Atta cephalotes*, consiste de pelo menos dois componentes, um específico da colônia e outro da espécie ou gênero. O componente próprio da espécie (provavelmente *n*-nonadecadieno) é produzido pela glândula valvar e sua ação persiste por uma hora. Há evidências de que em *Atta sexdens rubropilosa* a substância (*Z*)-9-nona-deceno, produzida pela glândula de Dufour faça parte do feromônio de território (VILELA; DELLA-LÚCIA e JAFFÉ, 1987).

A movimentação total (**MT**) apresentou uma correlação direta, positiva e significativa de 19,9% e 27,4% com o acesso e a marcação de território no papel de filtro (**APF** e **MTPF**), o que nos permite inferir que em relação ao todo, apenas um pequeno número de operárias executavam estas atividades. Especula-se que, o provável efeito repelente dos óleos seja o fator limitante.

O acesso a área de provisão (**AAP**) mostrou correlação de 14,8% e 30,5% com estas mesmas variáveis (**APF** e **MTPF**). Os valores sugerem que os insetos tinham acesso ao local de provisão, mas não necessariamente marcavam território sobre o papel com os tratamentos.

A marcação de território na área de provisão (**MTAP**), por sua vez, apresentou valores de correlação de 18,8% e 26,6% com o acesso ao papel de filtro (**APF**) e a marcação de território no papel de filtro (**MTPF**). Cogita-se que, as operárias ao levantarem o flagelo antenal para avaliar os estímulos, percebiam

a fonte queromonal e somente algumas acessavam e marcavam território no papel impregnado com os óleos vegetais investigados.

A exploração na área de provisão (**EAP**) apresentou uma correlação de 4,3% e 25,9% com as variáveis em questão (**APF** e **MTPF**). Observa-se pelos valores encontrados que há uma estreita relação entre a exploração e o acesso ao local com os tratamentos.

O comportamento dos insetos consiste em respostas a estímulos. Uma resposta é o resultado de impulsos que são despertados pelos estímulos e que se deslocam pelo sistema nervoso para os efetores. A forma pela qual um inseto responde é determinada pelo padrão de percurso no qual os impulsos caminham. Os percursos nervosos envolvidos no comportamento dos insetos são grandemente hereditários e assim as respostas são grandemente automáticas (BORROR; DeLONG, 1988).

Segundo os mesmos autores, muitas das respostas de um inseto a estímulos consistem em orientação (tropismos) e movimento em direção ao estímulo ou dele se afastando (taxias). Estas respostas dirigidas podem ser positivas ou negativas. O estímulo que produz uma resposta dirigida pode ser a luz, a temperatura, a água, os produtos químicos, o tato ou contato, a força da gravidade ou as correntes de ar ou água. O estado fisiológico do inseto, em relação ao seu alimento, seu estado de desenvolvimento ou outros fatores, freqüentemente influencia sua resposta a um dado estímulo; os estágios larvais e adultos das mesmas espécies freqüentemente reagem diferentemente a um dado estímulo.

A identificação das fontes de estímulo (**IFE**) apresentou correlação de 42,6% e 42,3% com o acesso e a marcação de território no papel de filtro (**APF** e **MTPF**). As operárias ao identificarem as fontes davam uma volta, retornavam ao interior dos saueiros artificiais e desencadeavam o recrutamento. As variáveis apresentaram um moderado nível de correlação.

5.3. Desenvolvimento do “Jardim Fúngico”

Na **TABELA 12** pode-se observar uma compilação das análises de variância (ANVA) para os óleos estudados.

Comparando as estatísticas F com os valores críticos, podemos constatar que tanto para os tratamentos quanto para os blocos, o teste foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, o que nos leva a suspeitar que pelo menos dois tratamentos possuem efeitos diferentes sobre a característica analisada. Na prática, podemos observar que as doses testadas agem de modo diferente sobre o volume de “jardim fúngico” de saúveiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*). Os coeficientes de variação (c.v.) do ensaio são baixos, indicando, portanto, boa precisão dos dados.

A associação simbiótica entre fungos e atíneos é mutuamente dependente, onde os fungos são dependentes das formigas não somente pelo substrato e pela proteção de microorganismos, mas também pela propagação. Em contrapartida os fungos compõem, essencialmente, a dieta das formigas (MARTIN, 1987 *apud* HINKLE et al., 1994).

A **TABELA 13** mostra os valores médios obtidos, pelo teste de Tukey com nível fiducial de 1%, para a resposta comportamental fúngica da saúva do nordeste sob condições experimentais.

As atividades de cultivo do fungo conferem certa estabilidade à colônia de saúvas, principalmente pela manutenção do equilíbrio alimentar decorrente da produção de suprimentos, que serão destinados à sobrevivência de seus habitantes (MARICONI e PAIVA CASTRO, 1960; MARICONI, 1970; VILELA; DELLA-LÚCIA e JAFFÉ, 1987; SALES e SILVA, 1991b).

O fungo cultivado no interior das câmaras constitui a principal fonte de energia das formigas, bem como o suco celular proveniente dos extratos vegetais, liberados como exsudação e ingeridos, involuntariamente, por ocasião do corte da folhagem verde, especificamente, as jovens e mais suculentas (HOWARD, 1987; QUINLAN e CHERRETT, 1991 *apud* SALES e HOWSE, 1992).

TABELA 12 - Análise de variância para o comportamento do “jardim fúngico” de saueiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) em relação aos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.; *Rutaceae*) – OE1 e 2-tridecanona, seu constituinte químico– OE5; eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.; *Mirtaceae*), constituintes químicos citronelol – OE2 e citronelal – OE3; alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.; *Verbenaceae*) – OE4 e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss; *Meliaceae*) – OE6. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

Óleos	Causas de Variação	G.L.	Q.M.	C.V. (%)
OE1	Sauveiros	9	9.762.777,929**	3,78
	Dias	6	114.158,888**	
	Resíduo	54	8.264,679	
OE2	Sauveiros	9	5.944.405,811**	4,48
	Dias	6	390.964,032**	
	Resíduo	54	10.198,577	
OE3	Sauveiros	9	5.316.892,719**	3,86
	Dias	6	236.636,675**	
	Resíduo	54	7.251,471	
OE4	Sauveiros	9	8.437.092,735**	2,48
	Dias	6	104.976,151**	
	Resíduo	54	3.503,074	
OE5	Sauveiros	9	11.118.982,641**	3,42
	Dias	6	72.102,321**	
	Resíduo	54	6.163,297	
OE6	Sauveiros	9	10.484.047,525**	1,25
	Dias	6	378,858**	
	Resíduo	54	985,384	

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 13 - Comparação de médias para o comportamento do volume do “jardim fúngico” (cm³) de saueiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) em relação aos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.) – **OE1** e 2-tridecanona, seu constituinte químico – **OE5**; eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.), constituintes químicos citronelol – **OE2** e citronelal – **OE3**; alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.) – **OE4** e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss) – **OE6**. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5	OE6
1 ^o dia	2453 abc	2432 ab	2346 a	2511 a	2373 a	2520 a
2 ^o dia	2392 bc	2297 bc	2201 bc	2374 b	2309 ab	2504 a
3 ^o dia	2314 cd	2175 cd	2100 cd	2399 b	2233 bc	2504 a
4 ^o dia	2235 d	2063 de	2034 d	2319 bc	2225 bc	2511 a
5 ^o dia	2391 bc	1954 e	2037 d	2249 c	2179 c	2502 a
6 ^o dia	2498 ab	2378 ab	2330 ab	2312 bc	2349 ab	2508 a
7 ^o dia	2546 a	2485 a	2400 a	2521 a	2403 a	2504 a

Letras iguais indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,01).

Nas **FIGURAS 11, 12, 13, 14, 15 e 16** observa-se o comportamento gráfico do “jardim fúngico” de sauveiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939. Examinando-se o efeito da comparação de médias, podemos observar que cada óleo apresentou um comportamento particular. Para estas figuras optou-se pelos dados coletados antes (D0=0,00 ppm) e após (D4=2,00 ppm) os ensaios com cada óleo, isto para que fossem esboçados os efeitos extremos da investigação. Com estas doses pode-se, também, visualizar o estado inicial e final da massa fúngica. Os valores para as demais doses (D1=0,25 ppm; D2=0,50 ppm e D3=1,00 ppm) demonstraram posições intermediárias de comportamento.

O óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE1), mostrou no quarto e sétimo dia de ensaio, decréscimo e recuperação, respectivamente. O óleo provocou uma discreta queda no volume de “jardim fúngico” no quarto dia de ensaio, recuperando-se, imediatamente nos dias seguintes (**FIGURA 11**). A ausência ou presença do óleo vegetal, praticamente, não influenciou no comportamento da massa fúngica.

O óleo de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*), constituinte químico citronelol, (OE2); de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.), (OE4) e 2-tridecanona, um constituinte químico do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), (OE5), tiveram como dias marcantes, o quinto e o sétimo. Um leve declínio foi verificado no quinto dia de experimento. Nos dias imediatamente posteriores, uma significativa recuperação pôde ser visualizada, chegando mesmo, em valores matemáticos, a superar o dia inicial do ensaio (**FIGURAS 12, 14 e 15**).

O carvacrol, substância encontrada no óleo de alecrim pimenta, *Lippia aff. sidoides* Cham., é muito usado como poderoso germicida e antifúngico em todos os tipos de remédios, preparados para assepsia oral, desinfetante e em “sprays” domésticos. Encontra aplicação também na indústria de sabonetes e na preparação de essências artificiais (GUENTHER, 1972; WINDHOLZ, 1976). Com base nestas informações, especula-se que este composto tenha sido o responsável pelo efeito diferenciado no volume do “jardim fúngico” de sauveiros

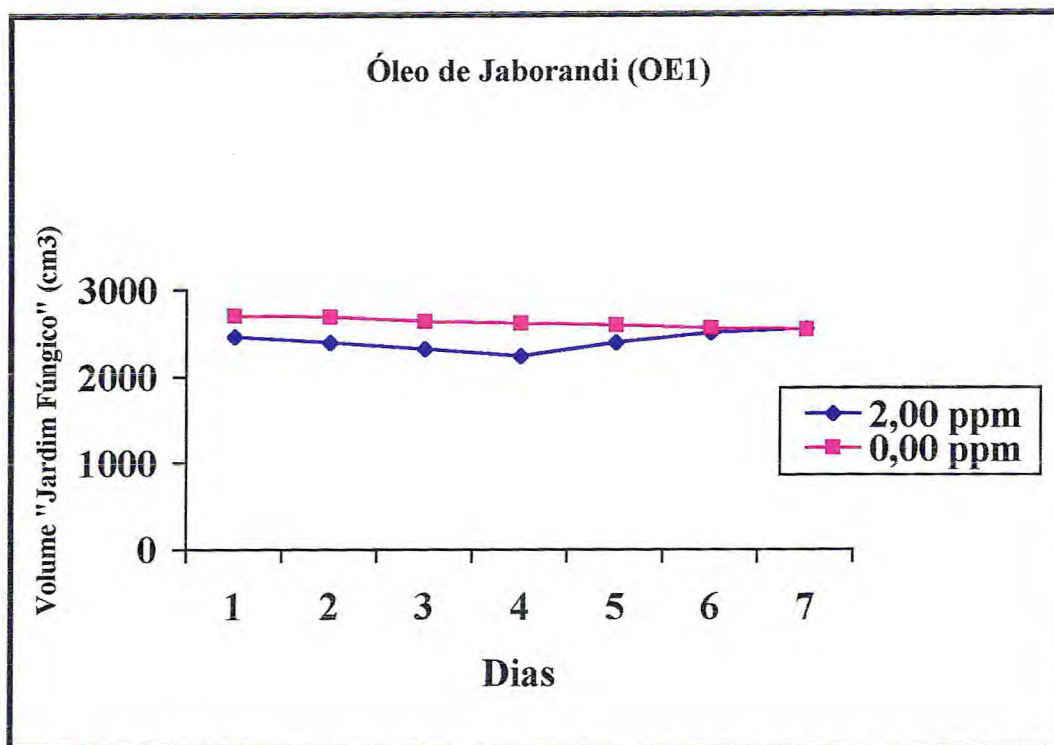


FIGURA 11 – Comportamento do volume de “jardim fúngico” de saueiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) submetidos ao tratamento com óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.: *Rutaceae*), (OE1), nas dosagens de 0,00 ppm (D0) e 2,00 ppm (D4), por um período de sete dias. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

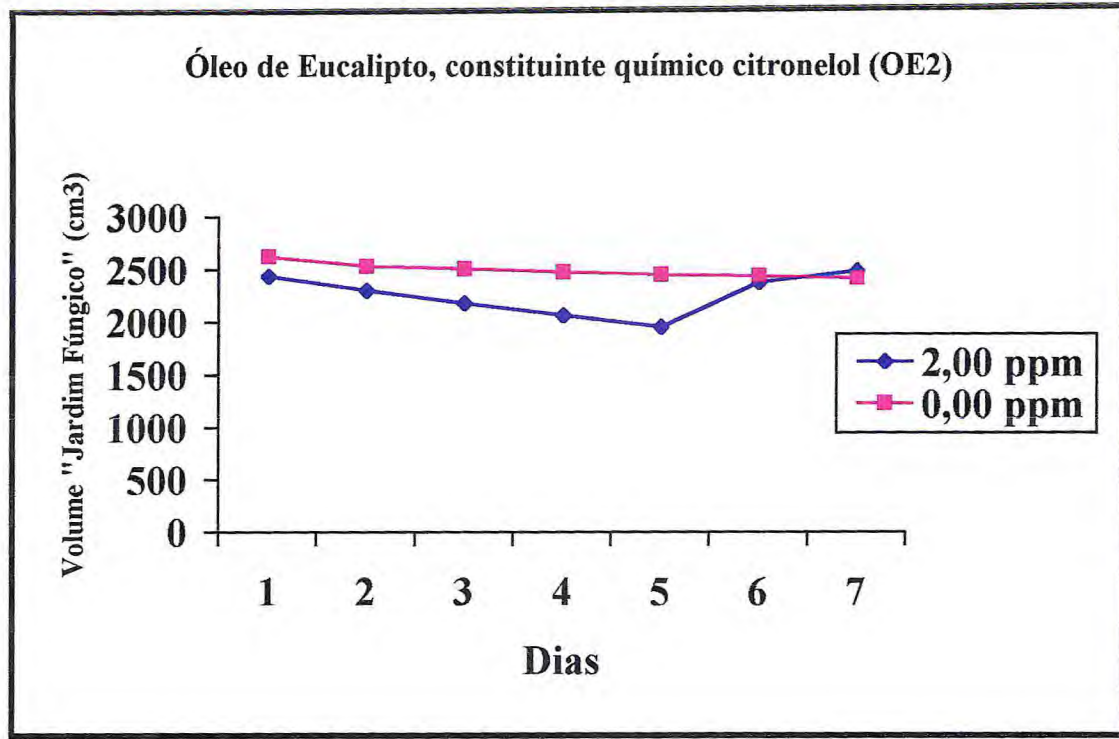


FIGURA 12 – Comportamento do volume do “jardim fúngico” de saueiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) submetidos ao tratamento com óleo de eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.: *Mirtaceae*), constituinte químico citronelol, (OE2), nas dosagens de 0,00 ppm (D0) e 2,00 ppm (D4), por um período de sete dias. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

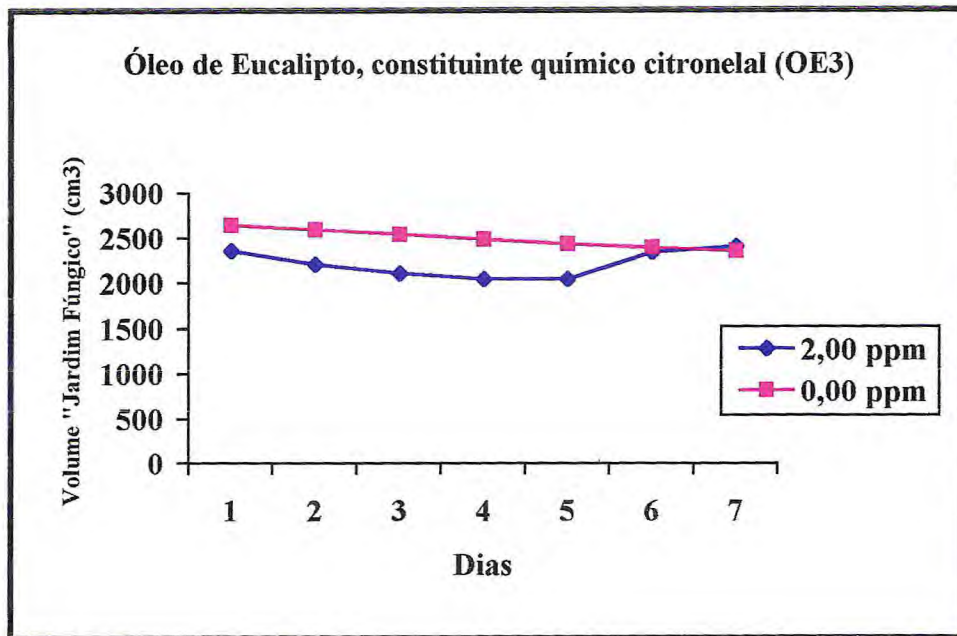


FIGURA 13 – Comportamento do volume do “jardim fúngico” de saueiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) submetidos ao tratamento com óleo de eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.: *Mirtaceae*), constituinte químico citronelal, (OE3), nas dosagens de 0,00 ppm (D0) e 2,00 ppm (D4), por um período de sete dias. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

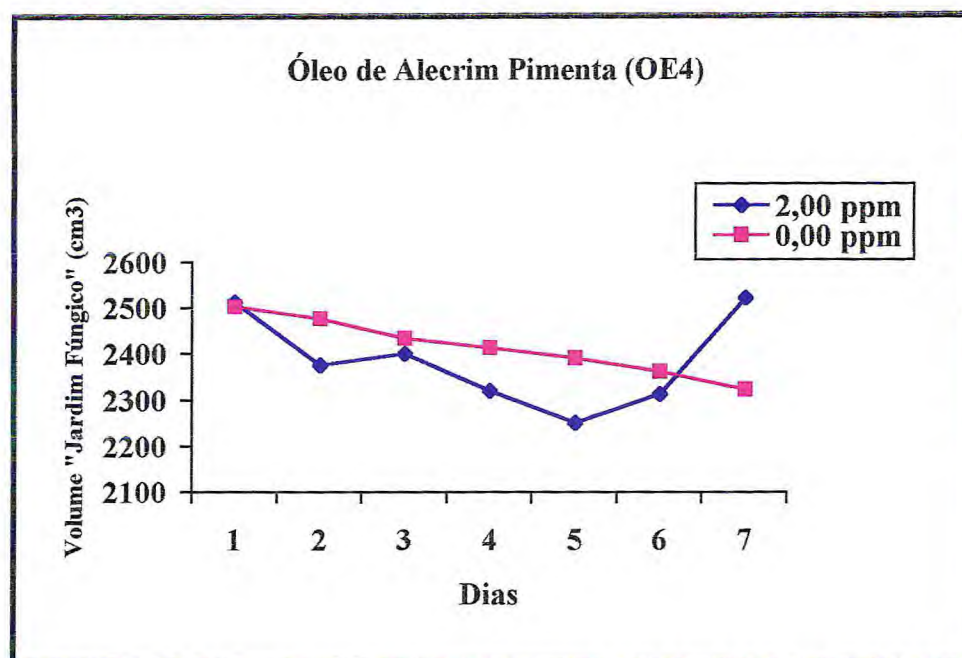


FIGURA 14 – Comportamento do volume do “jardim fúngico” de saueiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) submetidos ao tratamento com óleo de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.: *Verbenaceae*), (OE4), nas dosagens de 0,00 ppm (D0) e 2,00 ppm (D4), por um período de sete dias. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

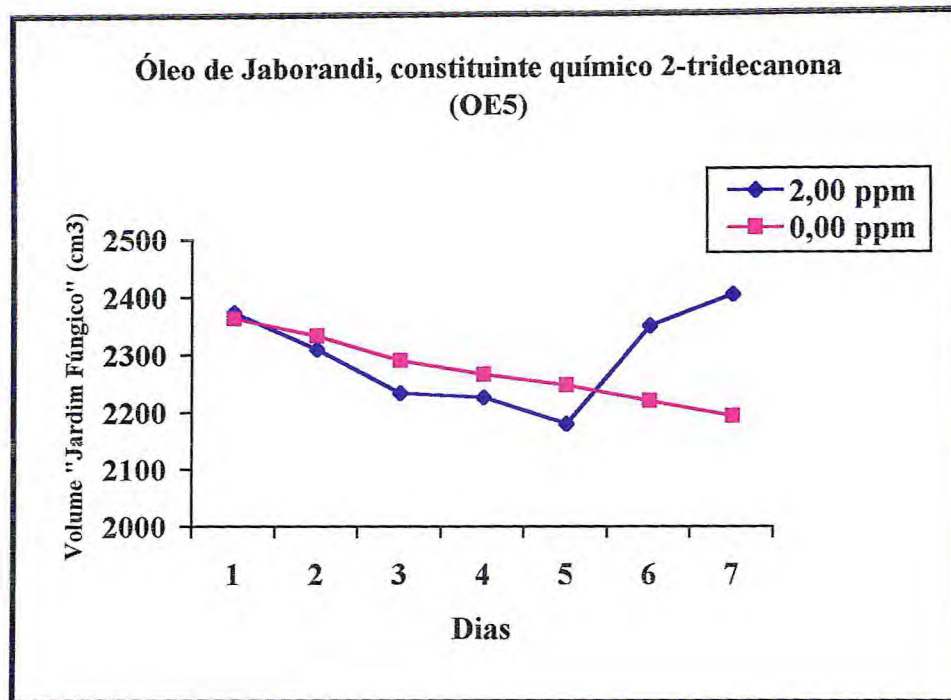


FIGURA 15 – Comportamento do volume do “jardim fúngico” de saueiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) submetidos ao tratamento com 2-tridecanona, um constituinte químico do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.: *Rutaceae*), (OE5), nas dosagens de 0,00 ppm (D0) e 2,00 ppm (D4), por um período de sete dias. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

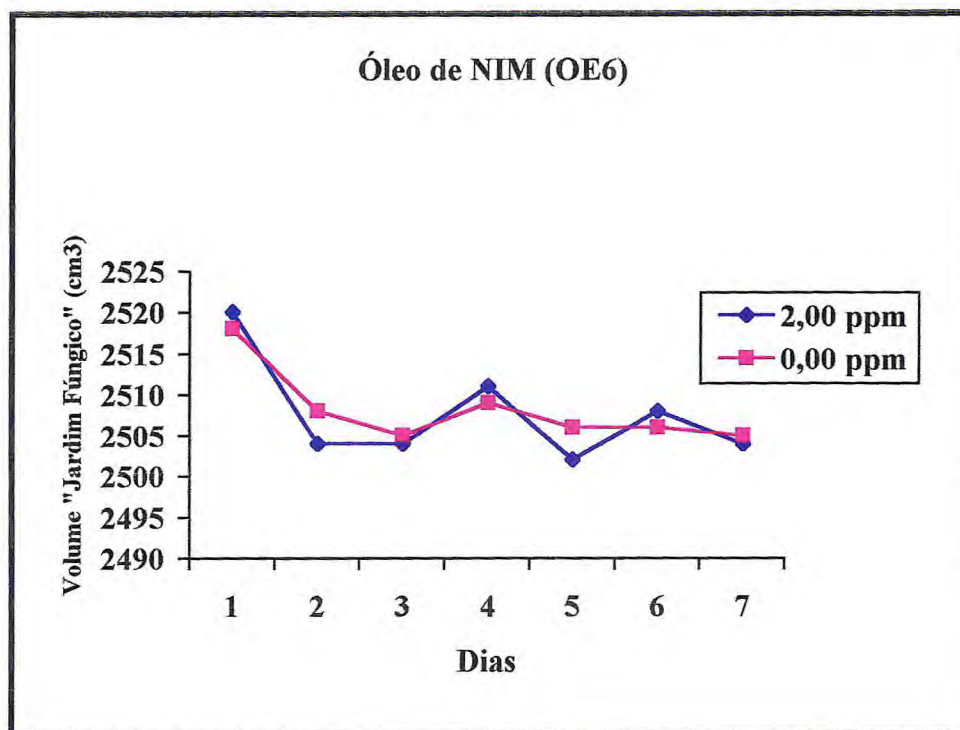


FIGURA 16 – Comportamento do volume do “jardim fúngico” de saúveiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) submetidos ao tratamento com óleo de NIM (*Azadirachta indica* A. Juss: *Meliaceae*), (OE6), nas dosagens de 0,00 ppm (D0) e 2,00 ppm (D4), por um período de sete dias. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939, especificamente por apresentar ação antifúngica.

O óleo de eucalipto (*Eucaliptus citriodora* Hook.), constituinte químico citronelal, (OE3), apontou o quarto e quinto dias como período de estabilidade. Nestes dias houve estabilização no volume do “jardim fúngico”, quadro que começou a ser revertido logo no sexto dia de ensaio (FIGURA 13).

O composto citronelal, também conhecido como rhodinal, dentre muitos empregos, mostra ação como repelente de insetos (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 1981). É provável que esta seja a causa dos dias de estabilidade provocados pelo constituinte químico nos sauveiros artificiais.

Existem dúvidas quanto à origem das substâncias químicas identificadas no fungo cultivado pelas saúvas, se das plantas ou resultantes do metabolismo do fungo. Análises realizadas em material coletado em painéis vivos de saúva limão, (*Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908), de três localidades diferentes: Ilha do Governador, Estado do Rio de Janeiro; Cravinhos e Sertãozinho, Estado de São Paulo. No caso dos hidrocarbonetos lineares, a relação da cadeia de carbonos par:ímpar foi de 1,0:1,0 para o sauveiro da Ilha do Governador; 3,5:6,5 para o sauveiro de Cravinhos e 3,0:2,0 para o sauveiro de Sertãozinho. Os hidrocarbonetos ímpares, produzidos pela descarboxilação de ácidos pares, são os mais abundantes em plantas. O fungo oriundo do sauveiro de Sertãozinho, localizado em um eucaliptal, provavelmente a única fonte de substrato vegetal, tem a proporção par:ímpar de hidrocarbonetos praticamente idêntica à da planta. As amostras continham hidrocarbonetos alifáticos saturados. Dois extratos apresentaram o beta-sitosterol, enquanto que os ácidos ursólico e oleanólico foram detectados em uma das amostras (LOPES e GILBERT, 1977 *apud* SALES, 1998).

Os aleloquímicos produzidos pelo metabolismo secundário das plantas não se formam por um único caminho. Eles contêm substâncias com grande diversidade de esqueletos e grupamentos funcionais, como os ácidos graxos e seus ésteres, hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos e cetonas, compostos acetilênicos e cumarinas (CRAVEIRO; MACHADO, 1986).

Algumas plantas alojam substâncias que exercem atividade hormonal sobre os insetos. Estas substâncias podem influenciar as interações inseto-planta bem como, outros fatores ligados ao requerimento nutricional, químio-recepção, toxicidade e outros. As interações químicas entre plantas e insetos acham-se associadas com as substâncias secundárias dos vegetais que possuem pouco ou nenhum valor nutricional. Os esteróides, constituintes de secreções comuns de glândulas internas, portanto, dependem de um suprimento dietético de esteróides que se torna essencial ao crescimento e desenvolvimento (SLÁMA, 1969).

O óleo de NIM (*Azadirachta indica* A. Juss), (OE6), não esboçou reação significativa ao longo dos dias ensaiados. Discretos declínios e recuperações podem ser notados, mas nada que altere o quadro fúngico dos sauveiros (FIGURA 16).

Esta ausência de efeito do óleo de NIM sobre o comportamento dos sauveiros artificiais de *Atta opaciceps* já era esperada. Neves (1996) faz menção a susceptibilidade desta planta às formigas. Cita o autor que após o estabelecimento da cultura, deve-se ter o cuidado em iniciar o combate às formigas pertencentes aos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*, cujos danos constituem um dos fatores limitantes de sucesso em florestas recém-implantadas. O autor é, também, enfático em afirmar que o tratamento fitossanitário mais importante é o controle a estes mirmicíneos.

Na FIGURA 17 podemos observar o comportamento do volume do “jardim fúngico” de sauveiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*) sob a influência comparativa de todos os óleos e constituintes químicos ensaiados, na dose de 2,00 ppm (D4), a maior aplicada.

Em formigas cultivadoras de fungo, grandes quantidades de proteases foram encontradas no fluido retal (proctodeo), as quais promovem o crescimento do “jardim de fungo” (MARTIN, 1970; MARTIN e MARTIN, 1970, 1971). Outras enzimas foram encontradas no transcórter das investigações, entre elas α -D-glucosidase, esterase, amilase, quitinase, α -D-glucosidase, N-Acetyl- β -D-Glucosaminidase, leucina arilamidase e esterase-lipase (MARTIN;

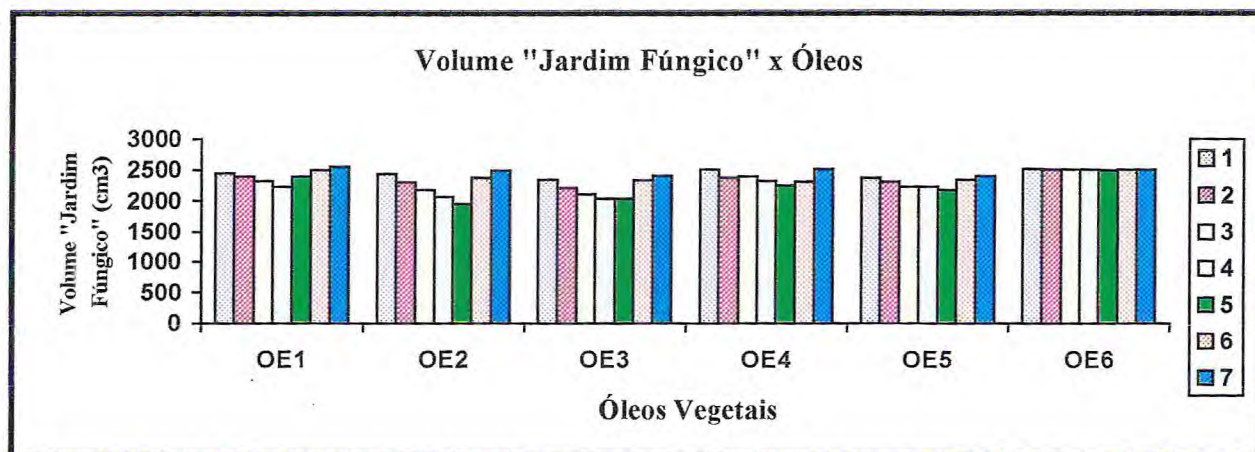


FIGURA 17 – Efeito dos óleos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.: Rutaceae), (OE1), e 2-tridecanona, seu constituinte químico, (OE5); eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.: Mirtaceae), constituintes químicos citronelol, (OE2), e citronelal, (OE3); alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.: Verbenaceae), (OE4), e NIM (*Azadirachta indica* A. Juss: Meliaceae), (OE6), no volume do “jardim fúngico” de sauveiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (Hymenoptera: Formicidae), na dose de 2,00 ppm (D4), por um período de sete dias. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2002.

GIESELMANN e MARTIN, 1973; MARTIN et al., 1975; FEBVAY e KERMARREC, 1986).

No gênero *Atta*, o fungo é cultivado basicamente sobre folhas frescas, ramos e flores (WEBER, 1977). O fungo cultivado pela maioria dos *Attini* é um Basidiomiceto (HERVEY; ROGERSON e LEONG, 1977), sendo a sua identidade correta matéria de controvérsia. Análises químicas do fungo cultivado por *Atta colombica* demonstram que este fornece uma rica e completa dieta constituída em 27% de carboidratos, 13% de aminoácidos ligados a proteínas, 4,7% de aminoácidos livres e 0,2% de lipídios (MARTIN; CARMAN e MACCONNELL, 1969).

Segundo Martin e Martin (1970), a associação entre *Atta colombica* e seu fungo de alimentação está baseada em uma aliança bioquímica firmada sobre a integração metabólica. Assim, o fungo que é completamente deficiente de enzimas proteolíticas responsáveis pela digestão do substrato rico em nitrogênio, predominantemente, na forma de proteína, compensa essa deficiência metabólica através das secreções anais da formiga, periodicamente aplicado sobre ele e abundante em ácido alantóico, alantoína, amônia e uma mistura de 21 aminoácidos. Em contrapartida, o fungo digere o material vegetal ofertado pelas saúvas. Desse modo, as formigas operárias contribuem diretamente com sua capacidade de degradação protéica para o fungo, e este, por sua vez, contribui com a sua habilidade de degradação da celulose para as formigas.

Para efeito comparativo com a presente pesquisa, convém ressaltar a pesquisa implantada por Forti et al. (2001). Os autores trabalharam com as espécies *Atta capiguara* e *Atta bisphaerica* a fim de investigar a ação de extratos vegetais de gramíneas preferidas para corte e a atratividade de vários tipos de iscas formuladas com polpa cítrica em mistura com folhas de gramíneas. Os estudos foram iniciados a partir de extratos aquosos (prensados) de folhas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), grama batatais (*Paspalum* sp), capim elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameron) e capim jaraguá (*Hyparrhenia rufa*). Os testes foram realizados em laboratório e em campo, utilizando-se papel de filtro ou celulose como veículo, impregnados com extratos a 5,5% (p/v). Em

campo, os extratos mais atrativos foram aqueles obtidos de cana-de-açúcar e dos *capins elefante e jaraguá*. Operárias de *Atta bisphaerica*, de colônias mantidas em laboratório, demonstraram boa aceitação e incorporação ao “jardim de fungo” dos papéis de filtro impregnados com extratos aquosos.

Com base nos resultados obtidos, os pesquisadores selecionaram os *capins elefante e jaraguá* para a obtenção de extratos orgânicos. A partir de folhas secas e moídas dessas gramíneas foram obtidos os extratos com os solventes hexano, diclorometano, acetato de etila e metanol. Os extratos foram oferecidos a operárias de *Atta bisphaerica* e *Atta capiguara*, em campo, diluídos em óleo de soja a 0,5% (frações de hexano, diclorometano e acetato de etila) ou em água a 0,5% (fração metanólica), usando retângulos de celulose como veículo. Todas as frações das duas gramíneas mostraram-se muito atrativas, destacando-se as frações diluídas em óleo. Estudos anteriores já haviam demonstrado que o óleo de soja é atrativo para operárias de *Atta capiguara*. A associação óleo-extrato resultou em taxas médias de carregamento próximas a 100%. O mesmo fato também foi confirmado em testes com extratos metanólicos de cana-de-açúcar e capim andropogon, diluídos em óleo de soja, na mesma concentração, revelando alta atratividade à operárias de *Atta bisphaerica*.

Os conhecimentos acerca dos efeitos de extratos vegetais sobre operárias de formigas cortadeiras e/ou sobre os fungos que cultivam, podem ter várias aplicações. Não basta descobrir um extrato tóxico com ação de contato e pulverizá-lo sobre as trilhas ativas de formigueiros adultos, porque apenas uma pequena parte da população estaria sendo afetada. As verdadeiras sociedades constituídas pelas formigas cortadeiras e a simbiose que mantêm com o fungo são o grande diferencial desses insetos, fato este que traz sérias implicações na escolha de métodos e estratégias de controle.

Sugere-se, portanto, estudos *in vitro*, mais aprofundados acerca da influência dos óleos de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.), e 2-tridecanona, um constituinte químico do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.), nas atividades comportamentais características de *Atta*

opaciceps Borgmeier, 1939. Além disso, estudos *in vivo* são primordiais para a busca do entendimento do complexo mundo das formigas cortadeiras de folhas.

De uma maneira geral, percebe-se um provável efeito repelente destes óleos vegetais frente às atividades comportamentais da saúva do nordeste (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939).

6. CONCLUSÃO

Os óleos de alecrim pimenta (*Lippia aff. sidoides* Cham.; *Verbenaceae*), (OE4), e 2-tridecanona, um constituinte químico do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.; *Rutaceae*), (OE5), influenciaram todas as variáveis investigadas, demonstrando assim possuírem bioatividade sobre o comportamento da saúva do nordeste (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939). De uma maneira geral, ambos exerceram ação alomonal sobre o inseto.

Apesar dos óleos vegetais ensaiados terem apresentado os mais diversos efeitos sobre as atividades comportamentais de operárias do gênero *Atta*, apenas o volume do “jardim fúngico” não seria apropriado para avaliar o inseto, mesmo levando em consideração a aliança bioquímica que envolve a relação fungo/saúva.

Todas as variáveis analisadas correlacionaram-se direta, positiva e significativamente entre si.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADZET, T.; CAÑIGUERAL, S.; GABALDA, N. Composition and viability of sunflower in semi-arid tropics. **Seed Sci. & Tecnol.**, v.9, n.3, p.571-580, 1991.

ALMEIDA, R. T. **Comunicação pessoal**. Fortaleza: CCA/UFC/Departamento de Ciências do Solo. 1991.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247p.

BARKER, R.J.; LEHNER, Y.A. A look at honey bee gut functions. **Am. Bee J.** v.112, p.336-338, 1972.

BARONI-URBANI, C.; PISARKSI, B. Density of ant colonies and individuals in various regions and biotypes. In: BRYAN, M.V. (Ed). **Production ecology of ants and termites**. Cambridge: Cambridge Univ., 1978. p.333-340.

BASTOS, J.A.M. **Principais pragas das culturas e seus controles**. São Paulo: Nobel, 1988. 284p.

BEATTIE, A.J. **The Evolutionary ecology of ant-plant mutualisms**. Cambridge: Cambridge University, 1985.

BECK, S.D. Nutrition, adaptation d environment. In: RODRIGUEZ, J.G. (Ed). **Insect and mite nutrition**. Amsterdam: North-Holland., 1972. p. 1-6.

BECK, S.D.; REESE, J.C. Insect-plant interactions nutrition and metabolism. **Rec. Adv. Phytochem.** v.10, p.41-92, 1976.

BELTZER, A.H. Ecologia alimentar do batora grande, *Taraba major* (Aves: *Formicariidae*) em el valle aluvial del Rio Parana médio, Argentina. **Stud. Neotropl. Fauna Environ.** v.22, p.137-144, 1987.

BEZERRA, P.R.S. **Etograma de operárias de saúvas do Nordeste na busca de provisão.** 1995. 70p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995.

BLUM, M.S. Eclectic chemiosociality of the *Hymenoptera*. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 18., 1988, Vancouver. **Proceedings ... Vancouver.** 1988. p.232.

BORROR, D.J.; DeLONG, D.M. **Introdução ao estudo dos insetos.** São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1988. 653p.

BOYD, N.D.; MARTIN, M.M. Faecal proteinases of the fungus-growing ant, *Atta texana*: properties, significance and possible origin. **Insect Biochem.**, Oxford, v.5, n.5, p.619-635, 1975a.

BOYD, N.D.; MARTIN, M.M. Faecal proteinases of the fungus-growing ant. *Atta texana*: their fungal origin and ecological significance. **J. Insect Physiol.**, Oxford, v.21, n.11, p.1815-1820, 1975b.

BRADSHAW, J.W.S.; HOWSE, P.E.; BAKER, R. A novel autostimulatory pheromone regulating transport of leaves in *Atta cephalotes*. **Anim. Behav.**, London, v.34, p.234-240, 1986.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará.** 3.ed. Fortaleza: Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 1976. 540p.

BRAGA, P.E.T. **Domesticação da Saúva: Estudo do comportamento de castas de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939, na sede aparente, relacionado aos fatores mesológicos.** 2000. 152p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

BROPHY, J.J.; BOLAND, D.J.; LENGEN, S. Essential oils in the leaf, bark and seed of mopane (*Colophospermum mopane*). **South African Forestry Journal**, n.161, p.23-25, 1992.

BRUES, C.T. **Insect Dietary – An account of the food habitats of insects.** Cambridge: Harvard University, 1946.

BUENO, O.C.; CAMPOS-FARINHA, A.E.C. **Formigas urbanas: Comportamento das espécies que invadem as cidades brasileiras.** (Transcrito da Revista Vetores & Pragas: Ano I, n.12, p.13-16, 1998). Associação Brasileira de Controle de Pragas, Letra Capital Editora. [On line] Disponível em:< [www.URL: http://www.rc.unesp.br/ib/ceis/formiga.html](http://www.rc.unesp.br/ib/ceis/formiga.html)>.

CARROLL, C.R.; JANZEN, D.H. Ecology of foraging by ants. **Ann. Rev. Ecol. Syst.** v.4, p.231-257, 1973.

CHAVES, F.C.M. **Produtividade, qualidade das sementes e óleo essencial de coentro (*Coriandrum sativum* L.) em diferentes colheitas.** 1996. 83p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1996.

CHERRETT, J.M. Possible reasons for the mutualism between leaf-cutting ants (Hymenoptera, Formicidae) and their fungus. **Biol. Ecol. Medit.** v.7, p.113-122, 1980.

COX, P.D.; COLLINS, L.E. Factors affecting the behaviour of beetle pests in stored grain, with particular reference to the development of lures. **Journal of Stored Products Research**, United Kingdom, v.38, n.2, p. 95-115, 2002.

CRAVEIRO, A.A.; MACHADO, M.I.L. De aromas, insetos e plantas. **Ciência Hoje.**, São Paulo, v.4, n.23, p.54-63, 1986.

DELAIBE, J.; MASSON, C. Polymorphism of chemical communication in the fungus-growing ant, *Acromyrmex octospinosus*. **Abst. Europ. Chemorecept. Res.**, Lyon Ecully, 1984.

DELAIBE, J.; MASSON, C.; FEBVAY, G. Neurobiological basis of chemical communication in the fungus-growing ant, *Acromyrmex octospinosus*. In: LOFGREN, C.S., VANDER MEER, R.K. (Eds). **Fire ants and leaf-cutting ants: biology and management**. Boulder: Westview Press, 1986. p.302-315.

DELLA LUCIA, T. M.; VILELLA, E.; MOREIRA, D. D. O. Criando saúvas em laboratório. **Ciência hoje**, v.6, n.35, p.28-29, 1987.

DUELLI, P.; DUELLI-KLEIN, R. Freilandversuche zum Heimfindevermögen sudamerikanischer Ameisen (*Formicidae: Ponerinae, Dolichoderinae, Formicinae*). **Stud. Entomol.**, v.19, p.409-419, 1976.

EINHELLIG, F.A. **Mechanisms and modes of action of allelochemicals**. Vermillion: Department of Biology/University of South Dakota, p.171-187, 1995.

ENAN, E. Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. **Comparative Biochemistry and Physiology. Toxicology & Pharmacology: CBP**, Tennessee, v.120, n.3, p.325-337, nov. 2001.

ESU, I.E. Morphology and classification of solis in the Nupe Sandstone Formation in Niger State, Nigeria. **Samaru, J. Agric. Res**, v.4, p.13-24, 1986.

FEBVAY, G.; KERMARREC, A. Digestive physiology of leaf-cutting ants. In: LOFGREN, C.S.; VANDER MEER, R.K. (Eds). **Fire ants and leaf-cutting ants: biology and management**. Boulder: Westview Press, 1986. p.274-288.

FITTKAU, E.J.; KLINGE, H. On biomass and tropic structure of central amazonian rain forest ecosystems. **Biotropica**, v.5, p.2-14, 1973.

FORTI, L.C. et al. Combate às cortadeiras. **Cultivar**, Rio Grande do Sul, ano 3, n.29, p.23-26, jun. 2001.

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

FRAENKEL, G.A historical and comparative survey of the dietary requirements of insects. **N.Y. Acad. Sci.**, v.77, p.267-274, 1959.

FREIRE, E.L.P. **Série temporal discreta do comportamento outonal da saúva do Nordeste**. 1994. 43p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), - Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1994.

FRESNAU, D. Individual foraging and path fidelity in a ponerine ant. **Insect Soc.** v.32, p.108-116, 1985.

GALLO, D. et al. **Manual de entomologia agrícola**. São Paulo: ESALQ, 1988. 649p.

GBOLADE, A.A., ONAYADE, O .A ., AYINDE, B.A . Insecticidal activity of *Ageratum conyzoides* L. volatile oil against *Callosobruchus maculatus* F. in seed treatment and fumigation laboratory tests. **Insect Science and its Application**. v.19, p.2-3, p.237-240, 1999.

GUENTHER, E. (Ed). **The essential oils**. New York, R. Krieger, 1972. v.2.

GUENTHER, E. (Ed)., **The essential oils**. New York, R. Krieger, 1974. v.4.

HAYDAK, M.H. Honey bee nutrition. **Ann. Rev. Entomol.**, v.15, p.143-156, 1970.

HERVEY, A.; ROGERSON, C.T; LEONG, I. Studies on fungi cultivated by ants. **Brittania**,. v.29, p.226-236, 1977.

HINKLE, G. et al. Phylogeny of the attine ant fungi bases on analysis of small subunit ribosomal RNA gene sequences. **Science**,. Washington, v.266, n.5191, p.1695-1697, 1994.

HOLLDOBLER, B. Recruitment behavior, home range orientation and territoriality in harvester ants, *Pogonomyrmex*. **Behavior Ecology Sociobiology**, New York, v.1, n.1, p.33-44, 1976.

HOLLDOBLER, B. Canopy orientation: a new kind of orientation in ants. **Science**,. Washington, v.210, n.4465, p.732-739, 1980.

HORI, M. Antifeedling, settling inhibitory and toxic activities of labiate essential oils against the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (*Homoptera: Aphididae*). **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v.34, n.1, p.113-118, 1999.

HOWARD, J.J. Leaf-cutting ant diet selection: the role of nutrients, water and secondary chemistry. *Ecology*, v.68, n.3, p.503-515, 1987.

HOWSE, P.E. **Comunicação pessoal sobre mirmecologia**. Southampton: Universidade de Southampton, Unidade de Entomologia Química, Departamento de Biologia, 1986.

HUANG, Y.; HO, S.H.; KINI, R.M. Bioactivities of safrole and isosafrole on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v.92, n.3, p.676-683, 1999.

HUANG, Y. et al. Toxic and antifeedant action of nutmeg oil against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Journal of Stored Products Research*, Oxford, v.33, p.4, p.289-298, 1997.

IBRAHIM, J. et al.. Essential oils of selected Malaysian plants and their potential uses. Forestry and forest products research: proceedings of the third conference, October 3-4, 1995, FRIM, Kepong. v.1: papers from the FRIM-ODA collaboration projects under the programme "Foundations for Sustainable Management of Rain Forest in Southeast Asia". p. 97-103. 1996.

ISMAN, M.B. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, Vancouver, v.19, n.8-10, p.603-608, set. 2000.

JAFFÉ, K. Negentropy and the evolution of chemical recruitment in ants (*Hymenoptera: Formicidae*). *J. Theor. Biol.*, London, v.106, p.587-604, 1984a.

JAFFÉ, K. Evolucion de los sistemas de comunicacion quimica em hormigas. **Fol. Entomol. Mex.**, v.61, p.189-203, 1984b.

JAFFÉ, K.; MARCUSE, M. Nestmate recognition and territorial behavior in the ant *Odontomachus bauri* Emery (*Formicidae: Ponerinae*). **Insect Soc.**, Basel, v.30, n.4, p.466-481, 1983.

JAISSON, P. Note préliminaire sur le polymorphisme sensoriel et l' existente d'un nouveau type de sensillum chez la formi campignoniste: *Atta laevigata* Fred. Smith. **C.R. Acad. Sci.**, v.271, p.192-1194, 1970.

JOLLY, A.B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo: Nacional, 1966.

JONES, C.G. Microorganims as mediators of plant resouce exploration by insect herbivores. In: PRICE, P.W.; SLOBODCHKOFF, C.N.; GAULD, W.S.; (Eds). **A New Ecology: Novel Approaches to Interacting Systems**. New York: J. Wiley and Sons. 1984. p. 1-53.

KLUNGNESS, L.M; PENG, Y.S. Scanning electron microscope observations of pollen food in the alimentary canal of honeybees (*Apis mellifera* L.). **Can. J. Zool.**, Ottawa, v.62, n.7, p.1316-1319, 1984a.

KLUNGNESS, L.M.; PENG, Y.S. A histochemical study of pollen digestion in the alimentary canal of the honeybees (*Apis mellifera* L.). **J. Insect Physiol.**, v.30, n.7, p.511-522, 1984b.

KOGAN, M. Natural chemicals in plant resistance to insects. **Iowa Sta. Jour. Res.**, Ames, v.60, n.4, p.501-527, 1986.

KROON, G.H.; VAN PRAAGH, J.P.; VELTHUIS, H.H.W. Osmotic shock as a prerequisite to pollen digestion in the alimentary tract of the worker honeybee. **J. Apic. Res.**, v.13, p.177-181, 1974.

KUKOR, J.J.; MARTIN, M.M. Acquisition of digestive enzymes by siricid woodwasps from their fungal symbiont. **Science**, Washington, v.220, p.1161-1163, 1983.

LAW, J.H.; REGNIER, F.E. Pheromones. **Ann. Rev. Biochem.**, Palo Alto, v.40, p.533-548, 1971.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica**. 2.ed. São Paulo: SARVIER, 1995. 839p.

LITTLEDYKE, M.; CHERRETT, J.M. Direct ingestion of plant sap from cut leaves by the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Formicidae, Attini). **Bull. Entomol. Res.**, Wallingford, v.66, n.2, p.205-217, 1976.

LORENZ, M.W. et al. A comparative study on hypertrehalosaemic hormones in the *Hymenoptera*: sequence determination, physiological actions and biological significance. **Journal of Insect Physiology**, Los Angeles, v.47, n.6, p.563-571, jun. 2001.

LOUZADA, R.M. Isca reduz impactos no combate a formigas. [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://cienciaaplicada.cienciasemeioambiente.estadao.com.br.html>. Arquivo capturado em 24 de janeiro de 2002.

MARICONI, F.A.M. **As Saúvas**. São Paulo: Ceres, 1970. 167p.

MARICONI, F.A.M.; PAIVA CASTRO, U. Notas sobre a saúva e o sauveiro. **O Biológico**, São Paulo, v.26, n.6, p.97-108, 1960.

MARTIN, J.S.; MARTIN, M.M. Presence of protease activity in rectal fluid of attine ants. **J. Insect Physiol.**, Oxford, v.16, n.2, p.227-232, 1970.

MARTIN, M.M. The biochemical basis of the fungus-attine symbiosis. **Science**, Washington, v.169, p.16-20, 1970.

MARTIN, M.M.; MARTIN, J.S. The presence of protease activity in the rectal fluid of primitive attine ants. **J. Insect Physiol.**, Oxford, v.17, n.10, p.1897-1906, 1971.

MARTIN, M.M. et al. Activity of faecal fluid of a leaf-cutting ant toward plant cell wall polysaccharides. **J. Insect Physiol.**, Oxford, v.21, n.12, p.1887-1892, 1975.

MARTIN, M.M.; CARMAN, R.M.; MACCONNELL, J.G. Nutrients derived from the fungus cultured by the fungus-growing *Atta colombica tonsipes*. **Ann. Entomol. Soc. Am.**, Lanham, v.62, n.1, p.11-13, 1969.

MARTIN, M.M.; GIESELMANN, M.J.; MARTIN, J.S. Rectal enzymes of attine ants: alpha-amylase and chitinase. **J. Insect Physiol.**, Oxford, v.19, n.7, p.1409-1416, 1973.

MONTEIRO, F.E.L.A.; PENEREIRO, J.L. Estudo de decomposição e sucessão sobre uma carcaça animal numa área do Estado de São Paulo. **Rev. Bras. Biol.**, Rio de Janeiro, v.47, n.3, p.289-295, 1987.

MORAIS, H.C.; BENSON, W.W. Recolonização de vegetação de cerrado após queimada, por formigas arborícolas. **Rev. Bras. Biol.**, Rio de Janeiro, v.48, n.3, p.459-466, 1988.

MOREIRA, R.A . **Domesticação da sáuva: Influência do ciclo lunar na busca de provisão de operárias de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939.** 1997. 111p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1997.

MORETTI, M.D.L. et al. Antifeedant effects of some essential oils *Ceratitis capitata* Wied. (*Diptera: Tephritidae*). **The Journal of Essential Oil Research.**, v.10, n.4, p.405-412, 1998.

MUCHOVEJ, J. J. et al. *Leucoagaricus weberi* sp. nov. from a live nest of leaf-cutting ants. **Mycol. Res.**, v.95, n.11, p.1308-1311, 1991.

NAMRATA, P. et al. Larvicidal action of essential oils from plants against the vector mosquitoes *Anopheles stephensi* (Liston), *Culex quinquefasciatus* (Say) and *Aedes aegypti* (L.). **International Pest Control.**, v.42, n.2, p.53-55, 2000.

NEVES, B.P.das. **Cultivo e utilização do nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss).** Goiânia: Embrapa-CNPAF-APA, 1996. 32p. (Embrapa-CNPAF. Circular Técnica, 28).

NGOH, S.P. et al. Insecticidal and repellent properties of nine volatile constituents of essential oils against the American Cockroach, *Periplaneta americana* (L.). **Pestic. Sci.**, v.54, p.261-268, 1998.

NORDLUND, D.A. Semiochemicals: a review of the terminology. In: NORDLUND, D.A.; JONES, R.L.; LEWIS, W.J. (Eds). **Semiochemicals their Role in Pest Control**. New York, J. Wiley & Sons, 1981. p. 13-28.

NOSSAS ARMAS CONTRA O DENGUE. **Universidade Pública**, Fortaleza, ano 2, n.8, p.32-34, out./nov. 2001.

NUNES, R. de P. **Métodos para a pesquisa agrônômica**. Fortaleza: UFC/Centro de Ciências Agrárias, 1998. 564p.

OBENG, O.D. et al. Toxicity and protectant potential of camphor, a major component of essential oil of *Ocimum kilimandscharicum*, against four stored beetles. **International Journal of Pest Management.**, v.44, p.4, p.203-209, 1998.

OLHANDO DE PERTO. Formigas cultivadoras. [on line] Disponível na Internet via WWW.URL:<http://olhandodeperto.bio.br>. Arquivo capturado em 24 de janeiro de 2002.

OLIVEIRA, F.; AKISUE, G. **Fundamentos de farmacobotânica**. 2.ed. São Paulo: Editora Atheneu, 1997. 178p.

OLIVEIRA, J.S. et al. Componentes do feromônio de trilha das formigas cortadeiras *Atta bisphaerica* Forel (*Formicidae: Attini*). **An. Soc. Ent. do Brasil.**, v.19, p.1, p.143-154, 1990.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.O.L. **Domesticação da Saúva: Estudo do comportamento da saúva do Nordeste *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939, (*Hymenoptera: Formicidae*) em área de periferia de saúveiros naturais.**

2000. 164p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

ORIAN, G.H.; PEARSON, N.E. On the theory of central place foraging. In: HORN, D.J.; MITCHELL, R.D.; STAIRS, G.R. (Eds). **Analysis of Ecological Systems**. Columbus: Ohio State University, 1979. p.154-177.

OSTER, G.F.; WILSON, E.O. **Caste and ecology in the social insects**. Princeton: Princeton University, 1978.

PADMAJA, P.G.; RAO, P.J. Efficacy of certain plant oils on the American bollworm *Helicoverpa armigera* Hubner. **Pesticide Research Journal**, v.2, n.1, p.107-111, 2000.

PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991. 359p.

PARENTE FILHO, E.G.; PARENTE, K.M.S. **Desenvolvimento da massa fúngica de *Attamyces bromatificus* em saúveiros artificiais de *Atta opaciceps* Borgmeier, 1939 (*Hymenoptera: Formicidae*), tratados com extrato de nim (*Azadirachta indica* L.)**. 2001. Trabalho apresentado no X ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA/ VI SEMANA UNIVERSITÁRIA DA UECE, 2001a. Não publicado.

PARENTE FILHO, E.G.; PARENTE, K.M.S. **Ação do extrato de nim (*Azadirachta indica* L.), sobre a saúva do Nordeste (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939) (*Hymenoptera: Formicidae*)**. 2001. Trabalho apresentado no X ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA/ VI SEMANA UNIVERSITÁRIA DA UECE, 2001b. Não publicado.

PARENTE, K.M.S.; PARENTE FILHO, E.G. **Influência do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*), constituinte químico 2-tridecanona, sobre o fungo simbiote (*Attamyces bromatificus* Kreisel), da saúva do Nordeste (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939).** 2001. Trabalho apresentado no X ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA/ VI SEMANA UNIVERSITÁRIA DA UECE, 2001a. Não publicado.

PARENTE, K.M.S.; PARENTE FILHO, E.G. **Efeito do óleo de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*), constituinte químico 2-tridecanona, sobre o comportamento da saúva do Nordeste (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939) (*Hymenoptera: Formicidae*).** 2001. Trabalho apresentado no X ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA/ VI SEMANA UNIVERSITÁRIA DA UECE, 2001b. Não publicado.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** Piracicaba: ESALQ, 1990. 467p.

QUINLAN, R.J.; CHERRETT, J.M. The role of fungus in the diet of the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.). **Ecol. Entomol.**, Oxford, v.4, n.2, p.51-160, 1979.

RAHMAN, M.M.; SCHMIDT, G.H. Effect of *Acorus calamus* (L.) (Araceae) essential oil vapours from various origins on *Callosobruchus phaseoli* (Gyllenhal) (Coleoptera: Bruchidae). **Journal of Stored Products Research**, v.35, n.3, p.285-295, 1999.

RICHARDS, O.W.; DAVIES, R.G. **Imm's general textbook of entomology.** London: Capman, 1977.

ROSENGREN, R.; FORTELIUS, W. Ortstreue in foraging ants of the *Formica rufa* group – hierarchy of orienting cues and long-term memory. **Insect Soc.**, v.33, n.3, p.306-337, 1986.

ROSENGREN, R. Route fidelity, visual memory and recruitment behaviour in foraging wood ants of the genus *Formica* (Hym., Formicidae). **Acta Zool. Fenn.**, v.333, p.1-106, 1971.

ROSS, H.H. et al.. **A textbook of entomology**. New York, J. Wiley & Sons, 1982.

SALES, F.J.M. Assessment of the behavior patterns of the lemon leaf-cutting ant, *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera:Formicidae), to natural sources of allelochemicals. **Bulletin of Entomological Research.**, Wallingford, v.84, n.1, p.91-96, 1994.

SALES, F.J.M. **Saúvas: comportamento, domesticação e aleloquímicos**. Fortaleza: EdiAtta, 1998. 326p.

SALES, F.J.M. et al. A saúva do Nordeste como agente de intemperismo propulsor da fertilidade do solo. **Fitossanidade**, v.6/9, n. único, p.42-56, 1982/85.

SALES, F.J.M. et al. Flutuação populacional da saúva do Nordeste em ecossistemas distintos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 10, 1986, Rio de Janeiro. **Resumos ...** Rio de Janeiro. 1986. p.112.

SALES, F.J.M.; HOWSE, P.E. Manipulation of the leaf-cutting ants through the use of allelochemicals. II. Stimulus and behavior patterns. In:

INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 19. 1992. Beijing, **Proceedings ...** Beijing. 1992, p. 222.

SALES, F.J.M.; PEQUENO, M.R. Análise do ritmo circadiano da saúva do Nordeste. II. A busca de provisão em escotofase. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 13, 1991, Recife. **Resumos...** Recife: Sociedade Entomológica do Brasil, 1991a. v.1., p.153.

SALES, F.J.M.; SILVA, M.G.C. Análise do ritmo circadiano da saúva do Nordeste. I. A busca de provisão em fotofase. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 13, 1991, Recife. **Resumos ...** Recife: Sociedade Entomológica do Brasil, 1991b. v.1., p.152.

SÁNCHEZ, L.; VELASCO, M.A.; FEDERICO, D.R. Volatile compounds of *Sargentia gregii*. **Phytochemistry**, v.30, n.6, p.1915-1916, 1991.

SARDELLA, A.; MATEUS, E. **Curso de Química: Química Orgânica**. São Paulo: Ática, 1991. 456p.

SAXENA, R.C. **Scope of NIM for developing countries**. In: WORLD NIM CONFERENCE SOUVENIR, 1993, Nairobi. Paper presented at World NIM Conference Souvenir. Nairobi. 1993.

SCHMUTTERER, H. Properties and potencial of natural pesticides from the nim tree. *Azadirachta indica*. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.35, p.271-297, 1990.

SCRIBER, J.M.; SLANSKY, J.R.F. The nutritional ecology of immature insects. **Ann. Rev. Entomol.**, v.26, p.183-211, 1981.

- SHAKIL, N.A. et al. Insect growth regulatory of *Artemisia annua*. **Pesticide Research Journal.**, v.12, n.1, p.36-40, 2000.
- SINGH, P. **Artificial diets of insects, mites and spiders**. New York: Plenum Press, 1977.
- SINGH, P.; MOORE, R.F. **Handbook of insect rearing**. Amsterdam: Elsevier Science Publ., 1985.
- SINGH, S.; UPADHYAY, R.K. Essential oils: A potent source of natural pesticides. **Journal of Scientific & Industrial Research.**, v. 25, p.676-683, 1993.
- SLÁMA, K. Plants as a source of materials with insect hormone activity. **Ent. Exp. & Appl.**, Dordrecht, v.12, n.5, p.721-728, 1969.
- SMITH, D.M.; LEVI, L. Treatment of compositional data for the characterization of essential oils. Determination of geographical origins of peppermint oil by gas chromatographic analysis. **Agric. Food Chem.**, v.9, n.3, p.230-244, 1961.
- STRADLING, D.J.; POWELL, R.J. The cloning of more highly productive fungal strains: a factor in the speciation of fungus-growing ants. **Experientia**, v.42, p.962-964, 1986.
- SUDD, J.H.; FRANKS, N.R. **The behavioural ecology of ants**. Glasgow Blackie, 1987.
- TERRA, W.R. Physiology and biochemistry of insect digestion: an evolutionary perspective. **Braz. J. Med. Biol. Res.**, v.21, p.675-734, 1988.

TRIPATHI, A.K. et al. Repellent and insecticidal properties of *Piper retrofractum* against insect pests of crops and stored grain. Biotechnology of spices, medicinal & aromatic plants. In: THE NATIONAL SEMINAR ON BIOTECHNOLOGY OF SPICES AND AROMATIC PLANTS, 1996. Calicut, Índia. **Proceedings ...**Calicut. 1997. p.134-138.

TSOUKATOU, M. et al. Chemical intra-Mediterranean variation and insecticidal activity of *Crithmum maritimum*. **Zeitschrift Fur Naturforschung C – A Journal of Biosciences**, Athens, v.56, n.3-4, p.211-215, mar./april 2001.

TUMLINSON, J.H. et al. Identification of the trail pheromone of a leaf-cutting ant, *Atta texana*. **Nature**, London, v.234, n.5328, p.348-349, 1972.

TUNC, I.; SAHINKAYA, S. Sensitivity of two greenhouse pests to vapours of essential oils. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.86, n.2, p.183-187, 1998.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, Centro de Ciências. Departamento de Química Orgânica e Inorgânica. **Óleos essenciais de plantas do Nordeste**. Fortaleza: Edições UFC, 1981. 210p. (Relatório Técnico)

UVAROV, B.P. Insect nutrition and metabolism: a summary of the literature. **Trans. Royal Entomol. London**, v.74, p.255-343, 1928.

VALLEJO, L.R.; FONSECA, C.L.; GONÇALVES, D.R.P. Estudo comparativo da mesofauna do solo entre áreas de *Eucalyptus citriodora* e mata secundária heterogênea. **Rev. Bras. Biol.**, v.47, p.363-370, 1987.

VERNALHA, M.M.; CARNEIRO, E.J. Contribuição ao conhecimento da composição química dos resíduos de "panelas de lixo" das formigas cortadeiras. **Arq. Biol. Technol.**, v.9, p.77-81, 1954.

VILELA, E.F.; DELLA-LÚCIA, T.; IAFFÉ, K.A. Formigas cortadeiras: a linguagem dos odores. **Ciência Hoje**, v.6, n.35, p.26-31, 1987.

VILELA, E.F.; HOWSE, P.E. Territoriality in leaf-cutting ants, *Atta* spp. In: LOFGREN, C.S.; VANDER MEER, R.K. **Fire ants and leaf-cutting ants biology and management**. Boulder: Westview Press, 1986. p.159-171.

VINSON, S.B. Parasitoid-host relationships. In: BELL, W.J.; CARDÉ, R.T. (Eds). **Chemicals ecology of insects**. London: Chapman and Hall, 1984. p.205-233.

WALLER, D.A. Leaf-cutting ants and live oak: the role of leaf toughness in seasonal and intraespecific host choice. **Entomol. Exp. Appl.**, Dordrecht, n.32, n.2, p.146-152, 1982.

WALTHER, J.R. **Die Morphologie und Feinstruktur der Sinnesorgane auf den Antennengeißeln der Männchen, Weibchen und Arbeiterinnen der roten Waldameise, *Formica rufa* Linne, 1758, mit einen Vergleich der antennalen Sensillenmuster weiterer Formicoidea (*Hymenoptera*)**. Berlin, 1981. (tese de doutorado)

WEBER, N.A. Fungus-growing ants. **Science**, Washington, v.153, p.3736, p.587-604, 1966.

WEBER, N.A. Gardening ants: the Attines. **Mem. Am. Phil. Soc.**, v.92, p.1-146, 1972.

WEBER, N.A. The fungus-culturing behavior of ants. In: *international mycological congress, 2, 1977, Tampa. Abstract...* Tampa, 1977. 722p.

WHITTAKER, R.H. The biochemical ecology of higher plants. In: SONDHEIMER, E.; SIMEONE, J.B. (Eds). **Chemical Ecology**, New York: Academic Press, 1970. p.43-70.

WINDHOLZ, M. (Ed). **The Merck Index**. 9.ed. New Jersey. 1976.

WILSON, E.O. The arboreal ant fauna of Peruvian Amazon forest: a first assessment. **Biotropica**, v.19, n.3, p.245-251, 1987a.

WILSON, E.O. Causes of ecological success: the case of the ants. **J. Anim. Ecol.**, Oxford, v.56, n.1, p.1-9, 1987b.

WILSON, E.O. **The insect societies**. Cambridge: Harvard University, 1971.