

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

2210003248



ARQUITETURA DOS TÚNEIS DE FORRAGEAMENTO E DO NINHO
DE *Atta sexdens rubropilosa* FOREL, 1908 (HYMENOPTERA-
FORMICIDAE), DISPERSÃO DE SUBSTRATO E DINÂMICA DO
INSETICIDA NA COLÔNIA.

DENIS ROGÉRIO PRETTO
ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Dissertação apresentada a Faculdade
de Ciências Agronômicas - UNESP,
Campus de Botucatu, para obtenção
do Título de Mestre em Agronomia -
Área de Concentração Proteção de
Plantas.

BOTUCATU - SP
Fevereiro - 1996

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

"ARQUITETURA DOS TÚNEIS DE FORRAGEAMENTO E DO NINHO DE Atta
sexdens rubropilosa FOREL, 1908 (HYMENOPTERA-FORMICIDAE),
DISPERSÃO DE SUBSTRATO E DINÂMICA DO INSETICIDA NA
COLÔNIA."

DENIS ROGÉRIO PRETTO
ENGENHEIRO AGRÔNOMO

LUIZ CARLOS FORTI
Orientador

Dissertação apresentada a Faculdade
de Ciências Agronômicas - UNESP,
Campus de Botucatu, para obtenção
do Título de Mestre em Agronomia -
Área de Concentração Proteção de
Plantas.

BOTUCATU - SP
FEVEREIRO - 1996



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "ARQUITETURA DOS TÚNEIS DE FORRAGEAMENTO E DO NINHO DE *Atta sexdens rubropilosa* FOREL, 1908 (HYMENOPTERA-FORMICIDAE) ,
DISPERSÃO DE SUBSTRATO E DINÂMICA DO INSETICIDA NA COLÔNIA"

AUTOR: DENIS ROGÉRIO PRETTO

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ CARLOS FORTI

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. LUIZ CARLOS FORTI



PROF. DR. VIRGÍLIO PEREIRA DA SILVA



PROF. DR. EVÔNEO BERTI FILHO

Data da Realização: 11 / ABRIL / 1996.

Dedico

Aos meus pais **José Osvaldo Pretto** e **Valnide Galetti Pretto**, pela vida, ensinamentos, amor e exemplo de honestidade; ao meu irmão **Carlos César Pretto** e cunhada **Lucineide Aparecida Barbosa** pelo incentivo, apoio e momentos de felicidade; e aos meus sobrinhos **João Lucas Barbosa Pretto** e **Maria Luiza Barbosa Pretto**, para que lhes sirva de exemplo e estímulo na caminhada por uma vida melhor.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Forti, por ter-me ensinado o verdadeiro sentido da pesquisa científica, pelo exemplo de honestidade e dedicação ao trabalho, encorajando-me durante as fases mais difíceis desta caminhada e por tornar-se mais que um orientador, um verdadeiro amigo.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro, concedendo a Bolsa de estudo.

Aos professores e funcionários do Departamento de Defesa Fitossanitária, pela receptividade e momentos de felicidade.

A Empresa Agrícola ATTA-KILL, nas pessoas de Edson Dias da Silva, Ademir Bragião e Augusto Tarozzo, pelo auxílio financeiro na execução de grande parte deste trabalho, dando um exemplo único de empresa privada preocupada com a pesquisa básica da Universidade.

Ao Sr. Nelson Carneiro, funcionário do Depto de Zoologia do I.B., Sr. José Martins Dias, funcionário do Departamento de Defesa Fitossanitária; José Carlos dos Santos e Everaldo Correa, pelo grande auxílio prestado e dedicação nos trabalhos de campo, tornando-se grandes companheiros.

Aos colegas de trabalho Vania Tereza de Araujo Silva, Ivone Paschoal Garcia, Aldenise Alves Moreira, Alberto Vitório Cavalcanti, Ana Paula Protti de Andrade e Nilson Satoru Nagamoto, pelo companherismo, amizade e colaboração na realização deste trabalho.

Aos amigos Enes Furlani Junior, Mário Sérgio Tomazela, Marco Antonio de Souza Silva, Junior César Modesto, Marcelo Andreotti e Carlos Alexandre Costa Crusciol, pela alegria que passamos juntos.

A Bibliotecária Maria Inês Andrade Cruz, pela orientação das referências bibliográficas.

Aos funcionários da biblioteca "Paulo de Carvalho Mattos", Maria do Carmo Barbosa, Maria Aparecida M. Alho, Alexandra Cardoso, André Luiz Carlos R. da Paz, Eliane L. Pimentel, Denise N. Anis, Hudson C. Mariotto e Célia R. Inowe.

Ao Dr. Sidney Rosa Vieira, pesquisador científico do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) pelo auxílio na realização de algumas análises estatísticas e sugestões nas discussões.

A Adriana Aparecida Paulossi pelo auxílio na digitação e acabamento desta dissertação.

Ao Japan International Research Center Agricultural Subtropical (JIRCAS), na pessoa do Dr. Katsuya Ichinose, pelo apoio e incentivo.

Ao desenhista José Mario Pisani pela confecção esquemática dos ninhos.

Aos proprietários da Fazenda São Paulo, pelo empréstimo da propriedade para realização do experimento.

A Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP) pela oportunidade em iniciar-me na carreira científica e fornecer a estrutura para realização da pesquisa.

À Seção de Pós-Graduação, nas pessoas de Angela Maria Scorsatto, Marilena C. Santos, Marlene R. Freitas e Jaqueline M. Gonçalves.

Às amigas Rosani M.C. Andrade, Roseane O. Figueiredo e Roseli C. Fenille pelos momentos agradáveis, grande carinho e amizade.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram na realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

	Página
1. RESUMO	01
2. INTRODUÇÃO	04
3. REVISÃO DE LITERATURA	06
3.1. Arquitetura dos ninhos	06
3.1.1. Arquitetura externa	07
3.1.2. Arquitetura interna	08
3.2. Distribuição de substrato na colônia	10
3.3. Dinâmica de dispersão do inseticida formulado em isca peletizada, na colônia	11
3.4. Arquitetura dos túneis de forrageamento	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1. Arquitetura dos ninhos	18
4.1.1. Arquitetura externa	18
4.1.2. Arquitetura interna	19
4.2. Distribuição de substrato na colônia	22
4.2.1. Escolha das colônias	23
4.3. Dinâmica da dispersão do inseticida formulado em isca peletizada na colônia	25
4.3.1. Marcador	25
4.3.2. Formulação dos corantes em isca peletizada e adequação da metodologia	26
4.3.3. Dispersão de inseticida em operárias sob condições de laboratório	28
4.3.4. Dispersão de inseticida em colônia de campo	29
4.4. Arquitetura dos túneis de forrageamento	30
4.4.1. Escavação	30
4.4.2. Análise estatística	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1. Arquitetura de ninhos	35
5.1.1. Comparação entre os ninhos estudados	42
5.1.2. Área de terra solta	50
5.2. Distribuição de substrato em colônias	52
5.3. Dinâmica de dispersão do inseticida formulado em isca peletizada na colônia	59
5.3.1. Colônias de laboratório	59
5.3.2. Colônias de campo	64
5.4. Arquitetura dos túneis de forrageamento	68
5.4.1. Descrição	68
5.4.2. Geoestatística	88
5.4.3. Análise associativa	89

LISTA DE QUADROS

	Página
6. CONCLUSÕES	94
7. SUMMARY	96
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Porcentagem de câmaras encontradas nos ninhos de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> escavados. Botucatu, SP.....	36
2	Dimensões das câmaras dos ninhos de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , envolvendo os parâmetros largura, altura e comprimento. Botucatu, SP.....	40
3	Distribuição de câmaras em função da profundidade, nos ninhos de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> . Botucatu, SP.....	43
4	Número de câmaras, área e volume de terra solta dos ninhos de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> . Botucatu, SP	52
5	Número total de câmaras e seu conteúdo, encontrado em três ninhos de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> . Botucatu, SP	53
6	Porcentagem de câmaras utilizados no cultivo do fungo em ninhos de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , marcadas com corante.....	57
7	Número de operárias de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> contaminadas pelo corante Rodamina B, nas diferentes categorias de tamanho, sob condições de laboratório, em função do tempo.....	62
8	Número de operárias de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> contaminadas pelo corante Rodamina B, nas diferentes categorias de tamanho, sob condições de campo, em função do tempo.....	65
9	Dimensões do túnel de forrageamento, expressas pela largura, altura e profundidade em relação ao nível do solo, ao longo de seu percurso. Botucatu, SP.....	69
10	Dimensões do túnel de forrageamento, expressas pela largura, altura e profundidade em relação ao nível do solo, em três setores distintos e equidistantes. Botucatu, SP.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Desenho de um modelo elipsóide, enfatizando as medidas tomadas para cálculo do volume das câmaras de fungo.	21
2	Esquema hipotético de possíveis setores de forrageamento em ninhos de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , separados por ângulos de 120°.	24
3	Desenho esquemático de um ninho de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , com a disposição das câmaras de fungo sob a projeção do monte de terra solta, escavado em Botucatu, SP	37
4	Desenho esquemático de um ninho de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , com a disposição das câmaras de fungo (hachurada) e lixo (branco) sob a projeção do monte de terra solta, escavado em Botucatu, SP	38
5	Vista de uma câmara utilizada no cultivo de fungo por <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , mostrando com detalhes a depressão periférica (a) e os dois orifícios laterais (b); e vista superficial de uma câmara usada para armazenar lixo, mostrando seu aspecto disforme e grande dimensão (c), bem como os prolongamentos em forma de braços (d). Botucatu, SP ...	44
6	Valores médios e intervalo de confiança da largura, comprimento e altura das câmaras dos ninhos de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> . Botucatu, SP.....	45
7	Distribuição de câmaras de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , em função de sua altura. Botucatu, SP	46
8	Distribuição de câmaras de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , em função de sua largura. Botucatu, SP.....	47
9	Distribuição de câmaras de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , em função de seu comprimento. Botucatu, SP.....	48
10	Distribuição de câmaras de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , em função de sua profundidade em relação ao nível do solo. Botucatu, SP.....	49

Figura		Página
11	Desenho esquemático do ninho N2 de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , destacando os setores hipotéticos onde foram aplicadas as iscas, e a representação de sua distribuição no ninho. Botucatu, SP	54
12	Desenho esquemático do ninho P2 de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , destacando os setores hipotéticos onde foram aplicadas as iscas coradas, e a representação de sua distribuição no ninho. Botucatu, SP.....	55
13	Desenho esquemático do ninho P3 de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , destacando os setores hipotéticos onde foram aplicadas as iscas coradas, e a representação de sua distribuição no ninho. Botucatu, SP	56
14	Dinâmica do inseticida Sulfluramida em colônias de laboratório de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , durante o período de 144 horas. Botucatu, SP	61
15	Porcentagem de operárias contaminadas com o corante Rodamina B nas diferentes categorias de tamanho em função do tempo, sob condições de laboratório. Botucatu, SP	66
16	Porcentagem de operárias contaminadas com o corante Rodamina B, nas diferentes categorias de tamanho em função do tempo, sob condições de campo. Botucatu, SP.....	67
17	Mapa dos túneis de forrageamento do ninho F de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , escavados em plantio de eucalipto. Botucatu, SP.....	70
18	Mapa dos túneis de forrageamento do ninho D de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , escavados em plantio de eucalipto. Botucatu, SP.....	71
19	Dimensões dos túneis de forrageamento dos ninhos D e F em três setores distintos, considerando os parâmetros altura e largura. Botucatu, SP	74

Figura		Página
20	Mapa dos túneis de forrageamento do ninho P2 de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> em plantio de eucalipto, destacando a linha cheia que representa os trechos amostrados e a tracejada o provável trajeto do túnel. Botucatu, SP.....	75
21	Mapa dos túneis de forrageamento do ninho N2 de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> em plantio de eucalipto, destacando a linha cheia que representa os trechos amostrados, e a tracejada o provável trajeto do túnel. Botucatu, SP.....	76
22	Mapa dos túneis de forrageamento dos ninhos D e F, destacando as respectivas áreas de forrageamento. Botucatu, SP	84
23	Vista de alguns trechos dos túneis de forrageamento de <i>Atta sexdens rubropilosa</i> , com detalhes de suas curvas acentuadas (a); pequena profundidade (b); bifurcação (c); grande profundidade (d); túnel principal (e) e uma das formas de conexão do túnel com o orifício de abastecimento (f). Botucatu, SP	86
24	Semivariograma da distribuição dos orifícios de forrageamento dos ninhos D e F. Botucatu, SP	90
25	Semivariograma do ninho F com modelo exponencial ajustado (a); e semivariograma do ninho D com modelo esférico ajustado (b). Botucatu, SP	91
26	Mapa de isolinhas, demonstrando a distribuição geográfica dos orifícios de abastecimento do ninho D. Botucatu, SP	92
27	Mapa de isolinhas, demonstrando a distribuição geográfica dos orifícios de abastecimento do ninho F. Botucatu, SP.	93

1. RESUMO

Devido a grande importância da saúva *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera-Formicidae) como praga agrícola e florestal estudou-se alguns aspectos da sua ecologia e controle.

Esta espécie corta quase que exclusivamente dicotiledôneas, causando grandes danos, principalmente em áreas de reflorestamento, havendo portanto a necessidade de se conhecer mais sobre sua estratégia de forrageamento e controle, para que se possa compreender melhor sua relação com o ambiente e adotar estratégias de controle mais adequadas.

Esta saúva constrói ninhos com grandes dimensões, apresentando uma enorme quantidade de câmaras utilizadas no cultivo de fungo e para armazenar lixo. As primeiras têm um formato semi-elipsóide com uma depressão periférica e dois orifícios de comunicação próximos à base. Já as câmaras de lixo são disformes com prolongamentos semelhantes à braços, localizando-se tanto abaixo, quanto um pouco fora da projeção do monte de terra solta, sendo estas estas características peculiares à *Atta sexdens rubropilosa*.

O monte de terra solta, que é considerado como parâmetro para estimar a idade do ninho e calcular a dosagem de alguns produtos químicos, não tem correlação significativa com a estrutura interna da colônia. Quando se comparou a área de terra solta com seu volume, constatou-se que não existe

nenhuma correlação significativa, indicando que a determinação da idade da colônia, utilizando a área de terra solta, não é o mais adequado. Isto foi verificado em ninhos com área de terra solta semelhantes, apresentando porém diferenças discrepantes quanto ao volume da mesma, o qual é proveniente, em sua maioria, da escavação dos túneis de forrageamento. Desta forma, determinar a idade de uma colônia tendo como parâmetro apenas a área de terra solta pode conduzir a erros.

Os túneis de forrageamento são construções subterrâneas que esta saúva utiliza como estratégia de forrageamento. São ramificados e interligados, constituindo grandes malhas, semelhante a uma rede, atingindo uma distância de 25m a 42m do centro do monte de terra solta.

O túnel tem um formato elíptico, com altura média de 2cm, podendo ser muito superficial ou atingir 96cm de profundidade, apresentando bifurcações, curvas e elevações bruscas. Este sistema de túneis, interliga todos os orifícios de forrageamento do ninho, que foram encontrados na quantidade de 120 e 214 em dois ninhos estudados.

Os túneis partem do ninho por dois ou três canais mais largos, denominados túneis principais, ramificando-se e constituindo o sistema de malhas.

A estratégia de forrageamento de *Atta sexdens rubropilosa* definida pelos túneis, tem como vantagem a maximização dos recursos, pois toda folha cortada, mesmo que não transportada logo após o corte, permanecerá no território da colônia e será encontrada quando as operárias utilizarem um outro orifício.

Na construção dos túneis, há maior ramificação em áreas mais distantes ao ninho, com maior número de orifícios, permitindo uma coleta mais frequente nestas áreas do que nas áreas mais próximas ao mesmo.

Este sistema de túneis, comunicando todos os orifícios de forrageamento em um único túnel que conduz ao ninho, é de extrema vantagem quando se controla saúva utilizando isca tóxica, pois se toda isca é colocada em apenas um orifício com grande atividade, ela será carregada pelas operárias até o

ninho de maneira tão ou mais eficiente que a distribuição em vários orifícios. Além disso, constatou-se que a isca tóxica é distribuída em todas as câmaras de fungo, não existindo nenhuma setorização.

Outro aspecto observado foi a dinâmica de dispersão do inseticida, formulado em isca tóxica, na colônia. Em condições de laboratório cerca de 60% da população de operárias da colônia estavam contaminadas com o inseticida após 24 horas da aplicação da isca, enquanto que nas condições de campo a porcentagem, no mesmo período de tempo, foi ao redor de 40%. Isso permite acreditar que no controle de formigas cortadeiras utilizando-se a isca tóxica, o inseticida mais adequado é aquele que deve ter ação letal lenta e agir por ingestão, pois caso contrário ele terá efeito sobre 40% da população, enquanto a restante se encarregará de recuperar a colônia, permitindo sua sobrevivência.

2. INTRODUÇÃO

A formiga *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera, Formicidae), popularmente conhecida como saúva limão, forrageia quase que exclusivamente dicotiledôneas, sendo considerada um inseto de grande importância na agricultura brasileira, constituindo-se num problema de difícil solução pela sua organização social e pelo pequeno conhecimento que se possui sobre alguns aspectos básicos de sua biologia e ecologia.

Não são de hoje os problemas enfrentados pelos agricultores no controle das saúvas. Desde o século dezesseis já se discutiam os prejuízos causados por elas a quase todas as plantas cultivadas, assim como sua ocorrência em todo território brasileiro (MARICONI, 1970).

Muitas pesquisas restringem-se a estudar medidas de controle, desenvolvendo longos e árduos trabalhos na área, direcionados em sua grande maioria ao controle químico, atribuindo pouco mérito ao entendimento dos aspectos básicos, tais como a arquitetura dos túneis de forrageamento e do ninho, o que de certa forma dificulta o controle devido aos meios de defesa que sua complexidade lança mão para perpetuar a espécie (JACOBY, 1950).

Apesar de muitos estudos serem desenvolvidos na área de controle, eles ficam restritos à experimentação com formicidas, não se

preocupando com os aspectos básicos como a distribuição de substrato e dinâmica da dispersão do inseticida na colônia.

Assim, percebe-se que há uma grande lacuna no conhecimento a ser preenchida para que a entomologia econômica tenha embasamento científico e torne-se capaz de tomar medidas sérias e adequadas para controle desse inseto.

O presente trabalho teve por objetivo elucidar aspectos da biologia e da ecologia desta saúva, que até então estavam desconhecidos. Portanto, neste trabalho, encontram-se estudos referentes à arquitetura de ninho e túneis de forrageamento, distribuição de substrato e dinâmica da distribuição de inseticidas em colônias de *Atta sexdens rubropilosa*. Com relação a arquitetura do ninho e túneis de forrageamento, buscou-se conhecer como estes insetos os constroem e qual a importância na sua sobrevivência. Quanto a distribuição de substrato e dinâmica de dispersão do inseticida, objetivou-se descobrir como atua o inseticida N-etil perfluorooctano sulfonamida (sulfuramida) do grupo químico das sulfonas fluoralfáticas, formulado em isca granulada, no controle de saúvas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Arquitetura dos Ninhos

O estudo da arquitetura de colônias é trabalhoso, exigindo muito tempo e dedicação; no entanto, seu conhecimento elucida muitas dúvidas deixadas por outras linhas de pesquisas com formigas cortadeiras.

Este estudo foi realizado por poucos pesquisadores, entretanto, a literatura contribui enormemente para este conhecimento. Dentre estes pesquisadores, encontram-se EIDMANN (1932), STAHEL e GEIJSKES (1939), AUTUORI (1942), JACOBY (1950), BONETTO (1959), JONKMAN (1980a) e FORTI (1985). Apesar da dedicação destes pesquisadores, restam muitas dúvidas sobre estas construções arquitetônicas, principalmente quanto à adequação dos métodos de controle empregados atualmente e a relação entre a arquitetura externa, que é utilizada tanto para estimar a idade do ninho quanto para determinar a dosagem de produtos químicos usados no seu controle, com a arquitetura interna.

3.1.1 Arquitetura externa

O conhecimento da arquitetura externa do ninho é de fundamental importância na identificação de espécies de formigas no campo, além de servir como base para cálculo da dosagem de qualquer produto químico utilizado no seu controle e ser útil como parâmetro para estimar a idade do ninho.

AUTUORI (1942), estudou o desenvolvimento dos ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* durante um período de 3,5 anos, correlacionando o número de orifícios abertos e a expansão da área de terra solta, buscando nesta o parâmetro para estimar a idade de colônias. Este mesmo parâmetro foi utilizado por JONKMAN (1980b) no estudo dos ninhos de *Atta vollenweideri*, que observou o crescimento periódico destes. Em ambos os trabalhos, conseguiu-se estimar a idade do ninho, entretanto, deve-se considerar que no trabalho de AUTUORI (1942), apenas 1 ninho foi estudado e no de JONKMAN (1980b), foi possível estudar ninhos por apenas 3 anos.

O volume de terra solta é outra característica de grande importância no estudo da arquitetura de colônias, entretanto, é pouco valorizada pelos pesquisadores. Em *Atta vollenweideri* JONKMAN (1980a,b) estudou este volume correlacionando-o com a estrutura interna do ninho, sendo o volume da terra solta determinado por um modelo matemático com os fatores altura, diâmetro maior e menor.

O emprego de modelos matemáticos no cálculo do volume da terra solta tem sido bem aceito por outros pesquisadores, como McCAHON e LOCKWOOD (1990) no estudo de *Formica obscuripes*, comparando-o com um elipsóide.

3.1.2. Arquitetura interna

3.1.2.1. Escavação

No estudo da arquitetura do ninho de saúva, a metodologia utilizada é simples, porém trabalhosa, sendo encontrado na literatura, basicamente um único procedimento adotado por diferentes pesquisadores, que se constitui no uso de ferramentas manuais ou máquinas para escavação de trincheiras.

O primeiro estudo sobre arquitetura interna em ninhos de saúva, foi realizado por McCOOK (1879), escavando ninhos de *Atta texana*. Esta escavação consistiu na abertura de uma trincheira com 3m de comprimento e 1,5m de profundidade. O mesmo procedimento foi adotado por AUTUORI (1942) que escavou o ninho de *Atta sexdens rubropilosa*, abrindo uma trincheira em linha reta, que compreendeu os extremos de um dos lados da zona de terra solta, com profundidade de 2,15 m, largura de 8 m e comprimento de 7 m. Durante a escavação realizou cortes no perfil a cada 0,20 m, medindo a altura, largura e comprimento das câmaras encontradas. JACOBY (1950) também estudou detalhadamente o ninho de *Atta sexdens rubropilosa*, realizando a moldagem do mesmo com cimento e posterior escavação.

O ninho de *Atta vollenweideri*, foi estudado por BONETTO (1959), que realizou medições externas e internas do mesmo, escavando trincheiras com profundidade e largura de corte de 2,5 m e 0,20 m, respectivamente. Outro pesquisador que utilizou a escavação foi JONKMAN (1980a), que também estudou a estrutura interna e externa do ninho de *Atta vollenweideri* através de trincheiras com 2,0m de profundidade, tendo cortes no perfil a cada 0,25 m, registrando e mapeando sua estrutura interna. STAHEL e GEIJSKES (1939), bem como EIDMANN (1932) também utilizaram a escavação no estudo do ninho de saúva.

O mesmo procedimento foi adotado por PEREIRA-DA-SILVA *et al.* (1982), para conhecer a estrutura interna dos ninhos iniciais de *Atta capiguara*, empregando ferramentas manuais. FORTI (1985) também escavou, com

ferramentas manuais, um ninho de *Atta capiguara* para conhecer sua estrutura interna. Realizou medições das câmaras, como altura, comprimento e largura, além de suas profundidades e localização no ninho, baseando-se num eixo ortogonal definido por cordas de nylon, localizado num ponto considerado como centro do mesmo. Cabe ressaltar que durante as escavações foi colocado talco nas paredes das câmaras, para registrar em fotografias.

Já MOSER (1963), estudando arquitetura da colônia de *Atta texana*, também realizou escavações, entretanto, esta teve o auxílio de máquinas, construindo uma trincheira com 2,3 m de largura, 30,48 m de comprimento e 3,65 m de profundidade.

Estudando a arquitetura de colônias de *Formica obscuripes*, McCAHON e LOCKWOOD (1990) realizaram escavações, coletando dados sobre as dimensões internas do ninho, sua área e volume.

CONWAY (1992) escavou um ninho de *Melophorus bagoti* (Hymenoptera - Formicidae) construindo uma trincheira perimetral a esse com 0,60 m de profundidade, iniciando a 2 m de um ponto referencial considerado como centro de três entradas marcadas previamente. A escavação partiu desta trincheira, avançando para o interior do ninho. As medidas das câmaras, bem como o centro referencial foram tomadas com o objetivo de auxiliar na esquematização do mesmo.

3.1.2.2. Volume das câmaras

O volume das câmaras existentes no ninho é um fator interessante a ser determinado, pois permite correlacioná-lo com volume de terra solta que supostamente é proveniente da construção destas câmaras.

Neste sentido, JONKMAN (1980a) determinou o volume das câmaras utilizando a semelhança destas com figuras geométricas, empregando um modelo cônico e elipsóide na determinação do volume das câmaras de lixo e fungo, respectivamente. O mesmo foi realizado por FORTI (1985) em ninhos de *Atta*

capiguara, utilizando um modelo esférico para as câmaras de fungo e um cônico para as câmaras de lixo.

A mesma metodologia foi utilizada por McCAHON e LOCKWOOD (1990) no estudo de *Formica obscuripes*, cuja estrutura interna teve seu volume medido pela adição de duas formas geométricas, uma foi o cilindro, ocupando o espaço vertical sob o solo e o outro foi a esfera, no fundo da colônia.

Logicamente, esta correlação apresenta alguns erros na determinação do volume real, entretanto, pode-se lançar mão de fatores de correção, como realizado por FORTI (1985) que, no estudo do ninho de *Atta capiguara*, determinou o volume real de algumas câmaras de fungo revestindo seu interior com saco plástico e introduzindo água até preenchimento total da câmara, posteriormente o volume de água foi medido e definiu-se um fator de correção para estas câmaras, sendo aplicado às demais.

3.2. Distribuição de substrato na colônia

As saúvas são insetos eusociais que cultivam fungo do qual se alimentam, utilizando como substrato diferentes espécies vegetais, que são coletadas em maior ou menor intensidade, dependendo das necessidades da colônia. Este comportamento permitiu formular hipóteses sobre a preferência de coleta de determinadas plantas em detrimento de outras, acrescida do fato das operárias distribuírem o substrato de forma setorial na colônia, impossibilitando que o fungo morra caso algum substrato seja inadequado ao seu cultivo (FORTI, comunicação pessoal).

Com a preocupação da isca tóxica ser distribuída de forma setorial na colônia a ponto de colocar em dúvida sua eficiência como tal, algumas pesquisas foram realizadas em diferentes espécies de saúva.

MARICONI *et al.* (1981), estudando iscas marcadas com iodo e fósforo radioativo em colônias de diferentes espécies de saúvas, constataram que o material carregado de vários orifícios de abastecimento é distribuído em praticamente todas as câmaras, em diferentes profundidades. O mesmo foi

constatado por FORTI e SILVEIRA NETO (1989), quando estudaram a distribuição de iscas coradas com anilina num ninho de *Atta capiguara*, no entanto, estas iscas foram encontradas nas câmaras onde havia cultura de fungo com material vegetal fresco, não sendo encontrado nas câmaras com fungo exaurido.

Por outro lado, LOECK e NAKANO (1982), estudando a distribuição de folhas e pétalas de duas variedades de caqui, cotilédones de feijão e folhas de laranjeiras em ninhos de *Atta sexdens rubropilosa*, constataram que estes materiais não são igualmente distribuídos, tendendo ao abastecimento setorial, concluindo que o sucesso do controle com isca só ocorre quando são colocadas no maior número possível de orifícios de forrageamento.

3.3. Dinâmica de dispersão do inseticida formulado em isca peletizada, na colônia

A importância de *A. sexdens rubropilosa* como praga principal em reflorestamento e de destaque em outras culturas, fez com que os pesquisadores e empresas químicas desenvolvessem diferentes métodos de controle, adotando estratégias mais adequadas e amenizando os prejuízos econômicos à cultura.

Dentre os métodos desenvolvidos, surgiu a isca tóxica, cujo princípio de funcionamento é intoxicar a população da colônia com um inseticida adicionado num substrato muito atrativo às operárias.

Este método, apesar de ser aparentemente simples, apresenta muitas peculiaridades que determinam sua eficiência ou não no controle de saúvas, pois o inseticida utilizado na formulação da isca tóxica deve apresentar características especiais (STRINGER *et al.*, 1964). Estas características são tão peculiares, que é muito difícil encontrar químicos com ação inseticida adequado ao controle de formigas. No período de 1958 a 1981, o Departamento de Agricultura dos E.U.A. estudou 5.730 produtos; destes, apenas um apresentou as características adequadas ao controle de formigas cortadeiras (WILLIAMS, 1983).

Apesar desta dificuldade, a pesquisa não pode ser totalmente dirigida a esta busca infundável. É necessário conhecer outros aspectos deste interessante veículo de dispersão do inseticida, como a distribuição do inseticida na colônia e o modo de ação do inseticida na mesma (PEREGRINE e CHERRETT, 1976). Para isso, é necessário entender como ocorre o processo alimentar das saúvas.

As formigas se alimentam de substância no estado líquido, desta forma, partículas sólidas e alimentos semi-sólidos raspados ou lambidos pelas glossas, bem como detritos retirados de diferentes partes do corpo, são armazenadas na cavidade infrabucal, que é formada pelo dobramento da superfície da hipofaringe (FOWLER, *et al.* 1991). As formigas cortadeiras de folhas limpam seus corpos e os dos outros indivíduos da colônia com muita eficiência, utilizando as glossas (STAHEL e GEIJSKES, 1939; AUTUORI, 1942; QUILAN e CHERRET, 1977).

Concomitantemente, as formigas trocam entre si alimentos digeridos e secreções produzidas pelas inúmeras glândulas. Este fenômeno da troca de líquido entre os membros de uma mesma colônia é chamado de trofalaxia e desempenha papel importante na organização de muitas espécies de insetos sociais (WILSON, 1971).

A trofalaxia entre operárias ocorre em todas as subfamílias, exceto em alguns Ponerinae (HASKINS e WHELDEN, 1954) e em poucos Dorylinae (WILSON, 1971). Ocorre uma troca frequente de aminoácidos e proteínas solúveis das larvas para os adultos (ABBOT, 1978), contribuindo para o complexo mecanismo da digestão dentro da colônia.

O conhecimento deste fenômeno de trofalaxia é possível utilizando substâncias marcadoras do alimento, estas podem ser radioativas ou não (GOSSWALDF e KLOFT, 1964; BHATKAR e KLOFT, 1977; SORENSEN *et al.*, 1980; HOWARD e TSCHITINKEL, 1981 e EVESHAM, 1985).

O primeiro uso de traçadores radioativos no estudo de formigas foi realizado por PENDLETON e GRUNDMANN (1954), que injetaram ^{32}P no caule de *Cirsium undulatum* para estudar as relações entre os afídios marcados pelo ^{32}P contido nesta planta, com seus predadores.

Além das substâncias radioativas, os corantes também são utilizados neste tipo de estudo, como o empregado por ECHOLS (1966). Certamente que um destes marcadores é mais adequado a um determinado estudo, entretanto, ambos são viáveis ao estudo de trofalaxia e dinâmica do inseticida em operárias (ECHOLS, 1966; PEREGRINE *et al.*, 1972; PEREGRINE e CHERRETT, 1976).

O conhecimento deste mecanismo de dispersão do inseticida, formulado em pellet de isca, possibilita entender como funciona a contaminação das operárias e definir padrões seletivos para substâncias químicas que apresentam ação inseticida. Segundo PEREGRINE e CHERRETT (1976), muitas pesquisas são realizadas com objetivo de descobrir diferentes produtos químicos para o controle de formigas, entretanto, poucos se dedicam ao conhecimento do mecanismo de ação.

ECHOLS (1966) estudou o processo de dispersão do dodecacloro nas operárias de *Atta texana*, marcando o óleo de soja com corante azul (SUDAN III) e oferecendo-o às operárias no laboratório e no campo. Posteriormente, coletou algumas operárias, as quais foram dissecadas para avaliação e localização do corante, que se alojou nas glândulas pós-faringeal.

Analisando a viabilidade do uso de corantes no estudo da entrada e possíveis transferências de lipídios pelas glândulas pós-faringeal em *Atta cephalotes*, PEREGRINE *et al.* (1972), experimentaram o SUDAN III, que é solúvel em óleo, o "Nile Blue" que é solúvel em óleo e água, e o azul metileno que é solúvel em água. Destes corantes, o SUNDAN III coloriu em pouco tempo as glândulas pós-faringeal, ao passo que o "Nile Blue" penetrou na glândula em menor extensão, alojando-se principalmente no intestino. Já o azul de metileno não penetrou na glândula e foi raramente encontrado próximo dela.

A distribuição de aldrin e dodecacloro em colônias de *Atta cephalotes* foi estudada em condições de laboratório, marcando-os com dois componentes radioativos do ^{32}P (PEREGRINE e CHERRETT, 1976). Os produtos foram dissolvidos em óleo de soja e marcados com ^{32}P , sendo em seguida introduzidos no aparelho bucal das operárias com o auxílio de um microcapilar, além disso, marcou o gáster das operárias contaminadas com tinta.

Como pode ser verificado, tanto os corantes quanto os marcadores radioativos, são eficientes neste tipo de estudo, entretanto, os corantes exigem menor sofisticação e apresentam maior praticabilidade.

3.4. Arquitetura dos túneis de forrageamento

As formigas do gênero *Atta* são insetos essencialmente monófagos sob o ponto de vista do consumo do fungo que cultivam, no entanto, apresentam hábito alimentar polífago, cortando diferentes plantas para cultivá-lo. Podem cortar partes da planta ou utilizar porções já desprendidas, como folhas, flores e frutos.

Dentro deste gênero, algumas espécies cortam estritamente dicotiledôneas ou monocotiledôneas, enquanto outras cortam ambas, indistintamente.

As saúvas constroem colônias de grandes dimensões e com milhares de indivíduos. Para a manutenção dessa imensa população, é necessário grande quantidade de vegetal (MARICONI, 1970).

Essas áreas de corte utilizadas pelas saúvas são denominadas de território de forrageamento, onde são definidas estratégias de forrageamento e construção e manutenção de trilhas de forrageamento (FOWLER e STILES, 1980).

Estes territórios há muito tempo vêm sendo observados e interpretados. Elton (1932), citado por HOLLDÖBLER (1974), fez o primeiro relato sobre o fenômeno em *Formica rufa*, no entanto, muito pouco tem sido descoberto sobre as bases comportamentais da organização territorial.

CHERRETT (1968), realizando um estudo na Guiana, em floresta tropical úmida, durante 50 dias, observou que *Atta cephalotes* cortou 50% das espécies de plantas presentes na área. Em outra pesquisa, ROCKWOOD (1976) concluiu que a mesma espécie de saúva, cortou 77% das espécies de árvores presentes na área.

De maneira geral, as formigas cortadeiras exibem preferências por partes imaturas das plantas, como constataram CHERRETT (1972) para *Atta cephalotes*, FOWLER e ROBINSON (1979) para *Acromyrmex landolti fracticornis*, ambas em condições de campo. Outros autores, como CHERRETT e SEAFORTH (1970) e BARRER e CHERRETT (1972) observaram o mesmo fato, em condições de laboratório, para *Atta cephalotes* e *Acromyrmex octospinosus*, respectivamente.

Essas preferências por determinadas plantas e parte delas, parecem estar relacionadas com aleloquímicos que conferem defesas aos vegetais contra o ataque de herbívoros. No entanto, estes possuem mecanismos para degradar substâncias que de alguma forma seriam tóxicas para eles (FORTI, 1985).

CHERRETT e SEAFORTH (1970) constataram substâncias repelentes para *Acromyrmex octospinosus*, em folhas maduras e algumas partes do fruto de citros. Fato semelhante foi observado por LITTLEDYKE e CHERRETT (1978), ROCKWOOD (1976) e WALLER (1982).

CEDEÑO-LEON (1984) enumerou seis hipóteses para explicar os critérios que as formigas utilizam na seleção dos vegetais, entretanto, nenhuma delas explica a seleção, embora duas sejam consideradas principais, relacionando-se as substâncias de defesa da planta e ao conteúdo de água da vegetação.

Esta seleção pode ocorrer ainda devido ao fato das manchas de recursos não serem mais palatáveis, como observado em outras espécies de formigas cortadeiras (HOWARD, 1990; KNAPP *et al*, 1990; VASCONCELOS e FOWLER, 1990).

Assim, numa comunidade de plantas, presente no território de forragem das formigas cortadeiras, há uma heterogeneidade espacial e temporal da vegetação potencialmente palatável (FOWLER e STILES, 1980), interferindo na escolha e corte de plantas.

Evidências levam a acreditar que as saúvas exploram manchas palatáveis até estas se tornarem não palatáveis, fato este constatado pela exploração de vegetais por curto período de tempo (CHERRETT, 1968; ROCKWOOD, 1976; FORTI, 1984).

FORTI (1984), constatou que *Atta sexdens rubropilosa* corta plantas em diferentes locais no território de forragem e em diferentes épocas do ano.

As estratégias forrageiras são realizadas de tal forma, que se pode considerá-las como uma maximização no ganho líquido de nutrientes através do alimento, minimizando os riscos para a sobrevivência (HASSEL e SOUTHWOOD, 1978).

Em *Atta cephalotes*, a área de forragem aumenta com a idade e o tamanho do ninho, e a zona de exploração da colônia também é aumentada. Em função disso, CHERRETT (1968) postulou a evidência de um sistema forrageiro conservacionista, evitando a superexploração da vegetação próxima à colônia, e a exploração mais intensa da vegetação nas áreas mais distantes. Estas evidências foram reafirmadas por ROCKWOOD (1976).

No entanto, FOWLER e STILES (1980) e FORTI (1985) contestam este postulado, afirmando que o manejo aparentemente conservacionista dos recursos pelas formigas cortadeiras é mais facilmente explicado pela resposta de formigas forrageiras à dispersão de plantas mais e menos palatáveis. Recentemente, REED e CHERRETT (1990) sustentam o postulado de manejo conservacionista.

As formas dos territórios de forragem podem variar, sendo que em *Atta capiguara*, *Atta vollenweideri*, *Atta laevigata*, *Acromyrmex heyeri* e *Acromyrmex lundii* são aproximadamente circulares e a orientação linear dos territórios de forragem de *Acromyrmex landolti fracticornis* minimiza a sobreposição territorial, reduzindo a competição (FOWLER, 1977).

Os túneis de forrageamento construídos por insetos sociais como os cupins e as saúvas, são pouco conhecidos.

GREAVES (1962) se propôs a estudar os túneis de forrageamento de *Coptotermes acinaciformes* (Isoptera) e *Coptotermes brunneus* (Isoptera), pois constatava que numa área ao redor de uma antiga árvore de eucalipto, a qual continha uma grande colônia de *C. acinaciformis*, algumas espécies de plantas mostravam sinais de ataque pelo mesmo cupim. Para viabilizar este estudo, ele escavou uma trincheira circular ao redor da árvore central. Com a abertura desta

trincheira, foi possível localizar as entradas das galerias, que foram marcadas com talco corado pelo azul de metileno, possibilitando desta forma, uma escavação mais cuidadosa, acompanhando a marca deixada pelo talco pigmentado. Conhecendo estas galerias, o autor conseguiu compreender a estratégia de forrageamento destes cupins, contribuindo para as práticas de controle.

Com uma preocupação semelhante, GRACE *et al.* (1989) estudaram o território de forrageamento de *Reticulitermes flavipes* (Isoptera), no meio urbano, utilizando a técnica de marcação e recaptura, com armadilhas de solo. Neste trabalho não houve escavação de túneis de forrageamento, mas o autor pode inferir sobre a extensão das galerias que os cupins podem construir, percorrendo sob o solo, contribuindo significativamente para o estabelecimento das práticas de controle.

A demarcação de território é um fator essencial quando estes insetos constroem seus túneis de forrageamento, sendo um trabalho moroso e permanente.

O termo territorialidade é definido como uma área na qual um animal ou uma sociedade animal usa com exclusividade e a defende diante intrusos intra e interespecíficos (HOLLDÖBLER, 1974).

Assim, os territórios demarcados onde há forrageamento, são definidos pela presença de operárias forrageiras, ou marcadores físicos como as trilhas, ou químicos tais como os feromônios (FOWLER e STILES, 1980), além disso deve-se considerar também os túneis de forrageamento.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Arquitetura dos ninhos

O estudo foi realizado em área reflorestada com *Eucalyptus grandis* no distrito de Piapara, município de Botucatu - SP.

Foram utilizados 4 ninhos de *Atta sexdens rubropilosa*, com área de terra solta de 34,65m², 37,1m², 175,89m² e 90m², escavados com ferramentas manuais.

4.1.1. Arquitetura externa

Antes de iniciar a escavação, mediu-se a área de terra solta que foi em seguida fotografada para auxiliar na esquematização do ninho.

Posteriormente, estendeu-se duas cordas de nylon sobre o monte de terra solta, construindo-se um eixo ortogonal (x,y), cujo centro localizou-se sobre a maior concentração de terra solta do monte. Este procedimento foi tomado para

auxiliar na localização de todos os detalhes externos e internos do ninho, facilitando sua esquematização em desenho.

A terra solta foi removida até o aparecimento de outra com coloração semelhante à da camada superficial do solo, posteriormente este volume foi medido num carrinho-de-mão com capacidade de 60 litros.

4.1.2. Arquitetura interna

4.1.2.1. Escavação

A escavação foi realizada longitudinalmente a um dos eixos ortogonais, entre as linhas da cultura de eucalipto, todavia, quando necessário, estendeu-se lateralmente, com objetivo de amostrar o número máximo possível de câmaras e possibilitar um estudo mais detalhado.

A trincheira foi iniciada a 0,50m da periferia do monte de terra solta, e ao mesmo tempo em que aprofundava, realizou-se cortes a cada 0,20m no perfil. Assim, as câmaras foram expostas, tomando-se medidas do seu comprimento, largura, altura, profundidade em relação ao nível do solo e posição no eixo ortogonal. Em seguida, foram marcadas com talco, polvilhado por uma bomba manual de uso formicida, e fotografada.

No final da escavação, as trincheiras estavam com aproximadamente 3,0 m de largura, 6,0 m de comprimento e 3,0 m de profundidade, apresentando algumas variações em função do ninho estudado.

Todas as informações obtidas sobre a característica da estrutura interna e externa do ninho foram detalhadamente reconstituídas, em desenhos esquemáticos, com o auxílio das fotografias. As medidas de comprimento, largura, altura e profundidade das câmaras, foram analisadas estatisticamente através de cálculos como a média, desvio padrão, variância e intervalos de confiança da média. Realizou-se ainda o cálculo da distribuição de frequência para todas estas medidas (SPIEGEL, 1977).

4.1.2.2. Volume

Com as dimensões das câmaras, calculou-se o volume, comparando-o com figura geométrica de um semi elipsóide (Figura1), sendo:

$$V = 4/3 \pi \{ [H + (C/2) + (L/2) / 3]^3 / 2 ;$$

onde:

H é a altura da câmara;

L é a largura da câmara;

C é o comprimento da câmara.

Logicamente, as câmaras não constituem figuras geométricas perfeitas, como aquelas que se tem conhecimento, entretanto, proporcionam um valor bem próximo do real, num tempo hábil. Neste estudo não foi utilizado nenhum fator de correção como o empregado por FORTI (1985).

Estatísticas como média, desvio padrão da média, variância, intervalo de confiança e frequência, também foram realizadas, para avaliação do volume das câmaras.

Correlacionou-se todos os parâmetros possíveis, utilizando o programa estatístico TBLcurve®, determinando várias combinações possíveis, com suas respectivas equações matemáticas, entretanto, para todas as correlações realizadas, adotou-se modelo linear.

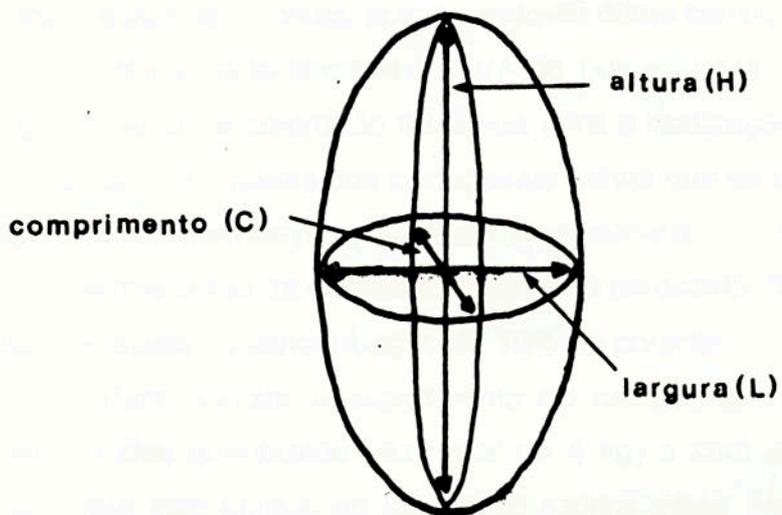


FIGURA 1 - Desenho de um modelo elipsóide, enfatizando as medidas tomadas para cálculo do volume das câmaras de fungo.

4.2. Distribuição de substrato na colônia

As iscas foram formuladas com corante e pó de polpa cítrica, obtidos da trituração de isca peletizada comercial sem princípio ativo. A anilina foi misturada ao pó e acrescido de água até adquirir uma consistência pastosa. Posteriormente, foi prensada numa peneira com malha de 2,65mm, formando pequenos grânulos, que foram desidratados em condições naturais, ou em estufa a 65°C quando o ambiente não oferecia condições para tal. Em seguida foram oferecidas à algumas colônias, constatando-se ótimo carregamento.

Devido à tonalidade escura da polpa cítrica, as iscas com anilinas não proporcionaram a coloração desejada para a realização do experimento, pois tornou-se difícil distinguí-las dos pedaços de folhas que as operárias incorporavam no fungo. Como alternativa, utilizou-se o mesocarpo do fruto de citros seco e triturado, que misturado às diferentes anilinas e acrescido de água, proporcionou a coloração desejada na concentração de 10% de corante.

Para realizar o experimento no campo, foi necessário formular as iscas em grandes quantidade (ao redor de 4 kg) e com aspecto semelhante ao comercial, para isso utilizou-se uma peletizadora piloto. Nesta formulação, foram empregados os ingredientes citados anteriormente, acrescidos de farinha de trigo para aumentar o volume do inerte, sem alterar a coloração final da isca e sua atratividade.

Apesar dos bons resultados obtidos em laboratório, a isca não foi adequada aos estudos de campo, pois não foi possível detectá-las em nenhuma das câmaras fúngicas, a não ser a cor vermelha da isca com o Rodamina B, que foi utilizada no lugar da anilina vermelha.

Para contornar este problema, testou-se o mesocarpo do fruto de citros cortado em pequenos pedaços, para que as operárias da colônia carregassem com facilidade. Estes pedaços foram imersos em uma solução contendo água e anilina em alta concentração, permanecendo até que o corante

impregnasse todo o material (aproximadamente 1 hora), posteriormente, foram desidratados em condições naturais ou em estufa à temperatura de 65°C.

Já o corante amarelo foi substituído por milho seco, em quirela, pois o mesocarpo de citros colorido com anilina amarela não é visível sobre o fungo.

Assim, passou-se a utilizar isca com Rodamina B, como corante vermelho, mesocarpo do fruto de citros corado com anilina azul e milho seco em quirela, como corante amarelo. Depois de 24 h do oferecimento da isca matou-se a colônia com termonebulização.

4.2.1. Escolha das colônias

Foram escolhidas 3 colônias, mapeando-se alguns orifícios de abastecimento, utilizando canudos plásticos impregnados com polpa cítrica moída e suco de laranja (FOWLER *et al.*, 1993) para certificar-se de que as iscas coloridas estavam sendo aplicadas no mesmo ninho. Este mapeamento foi realizado ao redor da colônia, permitindo dividi-la em três setores hipotéticos, separados por ângulos de 120 graus (Figura 2). Assim, pelo menos um orifício mapeado, estava contido num setor, possibilitando a colocação de um corante em cada setor.

As iscas coradas foram oferecidas às colônias, nos orifícios de abastecimento, em seus respectivos setores, e após 48 horas, matou-se a colônia com termonebulização para evitar que a isca fosse totalmente degradada pelas formigas antes de se finalizar a escavação. No dia seguinte, iniciou-se a escavação da colônia ao longo de sua maior extensão, utilizando pás, chibancas e enxadas, e a medida que as câmaras de fungo eram abertas o fungo era colocado numa bandeja, onde se observou a presença ou não dos corantes.

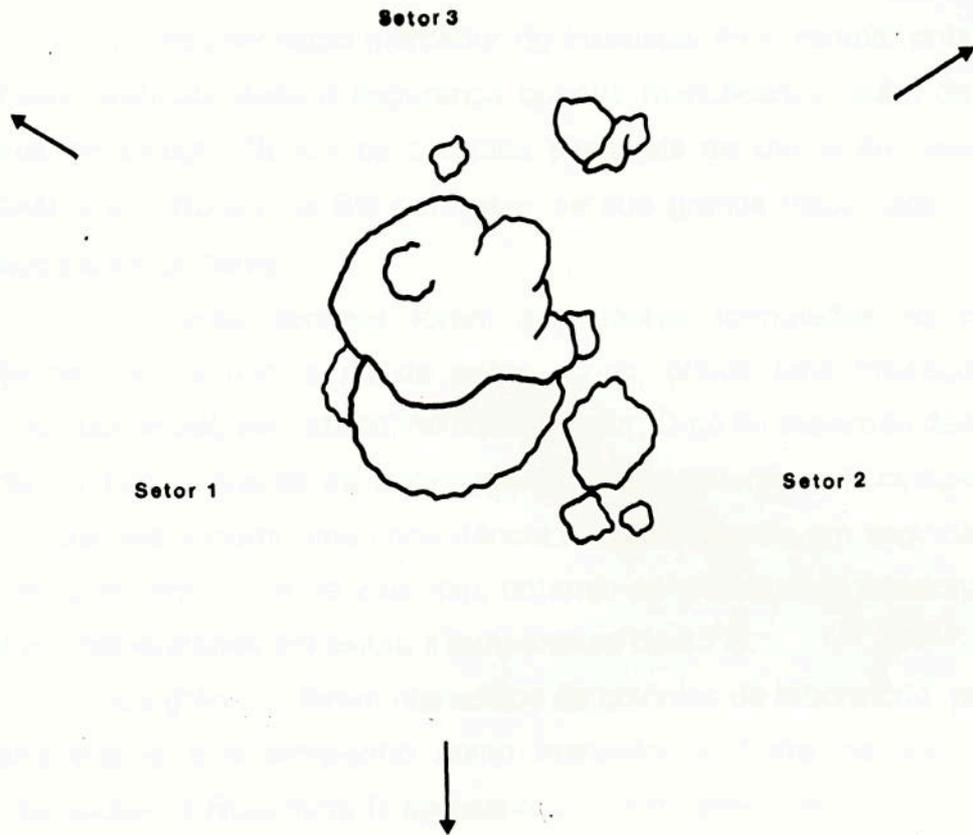


FIGURA 2 - Esquema hipotético de possíveis setores de forrageamento em ninhos de *Atta sexdens rubropilosa*, separados por ângulos de 120°.

4.3. Dinâmica da dispersão do inseticida formulado em isca peletizada na colônia

4.3.1. Marcador

Adotou-se como marcador do inseticida os corantes, pois propiciam uma maior praticabilidade e segurança quando manuseados, além de atingir os objetivos do estudo. Dentre os corantes passíveis de utilização, optou-se pelo SUNDAN III e o Rodamina B® por saber de sua grande viabilidade em estudos realizados anteriormente.

As iscas coradas foram inicialmente formuladas no laboratório, através da mistura com o pó de polpa cítrica, obtido pela trituração da isca peletizada comercial, sem tóxico, no liquidificador. O pó foi separado das partículas maiores da polpa através da peneiragem. Posteriormente, adicionou-se água a esta mistura, até adquirir uma consistência pastosa, que foi em seguida prensada numa peneira com malha de 2,65 mm, obtendo-se grânulos de tamanho reduzido que foram desidratados em estufa a temperatura de 65°C.

Os grânulos foram oferecidos às colônias de laboratório, para avaliar sua atratividade e desempenho como marcadores. Entre os dois corantes experimentados, o Rodamina B apresentou melhor desempenho, pois otimizou a avaliação, uma vez que é constatado nas operárias apenas pelo esmagamento de seu gáster, ao passo que o SUNDAN III só é visível quando se disseca a operária. Isso permite que uma grande quantidade de operárias possam ser avaliadas num período de tempo menor.

O Rodamina B apresenta como característica a solubilidade em água e propriedades fluorescentes quando exposto à luz ultra violeta. Quando é dissolvido em água, adquire a coloração vermelha e sua exposição à luz ultra violeta proporciona a coloração alaranjada, permitindo que o corante seja visível no momento da avaliação mesmo em baixas concentrações. O corante localizou-se

no gáster, região com maior teor de água da operária, podendo ser visualizado em presença da luz.

4.3.2. Formulação dos corantes em isca peletizada e adequação da metodologia

O corante Rodamina B foi experimentado nas concentrações de 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4% e 0,6% para avaliar a interferência na atratividade da isca peletizada. Nenhuma destas concentrações alterou a atratividade, no entanto, optou-se pela concentração de 0,4% por apresentar um resultado semelhante à maior concentração.

Definida a concentração do corante, ofereceu-se isca corada à colônia de laboratório, e amostrou-se operárias de tamanhos diferentes; em seguida, esmagou-se o gáster, com uma pinça, sobre o papel sulfite. Em algumas operárias, foi possível constatar a coloração vermelha, enquanto noutras não. Entretanto quando este material foi exposto à luz ultra violeta, observou-se a coloração alaranjada do Rodamina B, somente no gáster esmagado das operárias.

Estes indícios possibilitaram constatar que a Rodamina B impregna-se em proteína. Desta forma, foi adequado utilizar o intestino do suíno como superfície proteica, onde esmagou-se o gáster das operárias para avaliação da presença ou não do corante.

Desenvolveu-se uma ferramenta adequada e anatômica para esmagar o gáster das operárias; esta constituiu-se de uma haste metálica de 10cm comprimento, tendo a extremidade esmagadora uma dobra em "L", com a ponta achatada, enquanto a outra foi dobrada e revestida por fita adesiva.

Para tornar prático o uso do intestino de suíno, foi moldada uma tira de acrílico, com 30 cm de comprimento e 3,5cm de largura, cujas bordas foram

abauladas para evitar que a superfície áspera e cortante do material danificasse o intestino de suíno no momento de revesti-la.

Finalizando as adequações definiu-se um procedimento básico para realizar as avaliações, como segue:

- Cortou-se o intestino de suíno em pedaços de 30 cm, do mesmo tamanho da tira;
- lavou-se o intestino de suíno com detergente, para retirar o sal e excesso de gordura;
- introduziu-se a tira de polietileno no intestino secando-o em condições naturais, não permitindo seu ressecamento;
- separou-se as operárias em quatro tamanhos distintos, acondicionando-as em sacos plásticos;
- lavou-se as operárias em bequer com água, para evitar a contaminação do intestino de suíno com o corante;
- secou-se as operárias em papel absorvente para que o excesso de água não interferisse na avaliação;
- colocou-se as operárias sobre o intestino de suíno, esmagando-lhes o gáster;
- a cada gáster esmagado, lavou-se o esmagador em água contida num béquer para evitar contaminação de outras operárias;
- retirou-se a película de intestino de suíno da tira de polietileno, rompendo-a lateralmente com uma lâmina cortante;
- expôs-se a película à luz ultra-violeta numa sala escura;
- registrou-se as operárias marcadas com corante.

Definida a metodologia, passou-se a formular as iscas peletizadas contendo o princípio ativo sulfluramida, o inerte e o corante. Esta foi formulada numa unidade piloto, proporcionando a confecção de pellets semelhantes ao comercializado como isca tóxica.

4.3.3. Dispersão de inseticida em operárias sob condições de laboratório

Antes de estudar a dispersão do inseticida em operárias de *Atta sexdens rubropilosa* sob condições de campo, realizou-se este estudo em laboratório.

O experimento em laboratório foi conduzido com objetivo de conhecer a dinâmica do inseticida nas operárias em função das horas após ter-se oferecido a isca, sendo definidos 5 tratamentos com 3 repetições, como seguir:

- TRAT. 1 --- 24 horas após oferecer a isca
- TRAT. 2 --- 48 horas após oferecer a isca
- TRAT. 3 --- 96 horas após oferecer a isca
- TRAT. 4 --- 144 horas após oferecer a isca
- TESTEMUNHA

Ao final de cada tratamento, matou-se as operárias com éter sulfúrico armazenado-as em temperatura de congelamento.

Para viabilizar a avaliação, foi necessário definir o tamanho da amostra da população de operárias nas diferentes categorias de tamanho, utilizando a média da população. Esta foi obtida de 3 colônias de laboratório, cujo número de operárias foi calculado numa área de 100cm^2 , contendo quadros menores com área de 1cm^2 . As operárias, em tamanhos distintos, foram distribuídas da maneira regular sobre o quadro. Os quadros menores foram amostrados contando-se o número de operárias até que o desvio padrão diminuísse nas diferentes amostras e assim, um número aproximado de operárias por área do quadro menor foi obtido e extrapolado para o maior.

Desta forma, definiu-se o número de 100 indivíduos para as categorias muito pequeno (0,87mm a 1,11mm), pequeno (1,12mm a 1,87mm) e médio (1,88mm a 3,28mm), e de 50 para grandes (3,29mm a 4,62mm), o que

representa 3,5%, 13,12%, 15,74% e 23,80% da população, respectivamente, considerando que a população média é de 2.839, 762, 635 e 210 indivíduos para as categorias muito pequeno, pequeno, médio e grande, enquanto que a colônia apresenta população média de 4.446 indivíduos.

4.3.4. Dispersão de inseticida em colônias de campo

O estudo da dispersão de inseticida em colônias de campo foi realizado em área reflorestada com *Eucalyptus grandis* na fazenda São Paulo, município de Botucatu - SP, utilizando dois ninhos com área de terra solta de 31,1m² e 175,89m².

Antes de oferecer a isca com corante à colônia, mapeou-se alguns dos seus orifícios de abastecimento utilizando-se pedaços de canudos plástico coloridos e impregnados com polpa cítrica (FOWLER *et al.*, 1993), para certificar-se de que a isca seria realmente aplicada na colônia em estudo.

A isca foi oferecida nos orifícios de abastecimento mais ativos, na dosagem recomendada comercialmente (10g/m²) e no período de 24 e 48 horas após, matou-se a colônia com inseticida termonebulizável para facilitar a escavação no dia seguinte. Esta consistiu-se de uma trincheira longitudinal no sentido do maior comprimento da terra solta, realizada com auxílio de ferramentas manuais.

Conforme a trincheira era escavada, as câmaras de fungo eram expostas e todo material contido no seu interior coletado.

Este material foi acondicionado em sacos plásticos e identificados de acordo com a colônia e número de câmara procedente, sendo posteriormente levado ao laboratório e congelado.

Ao final das escavações, coletou-se material de 113 câmaras para o ninho com área de terra solta de 37,1m² e de 140 para o de 175,89m².

Do material armazenado, separou-se 5 operárias de cada tamanho em cada câmara de fungo amostrada, que foram avaliadas quanto a presença ou

não do corante conforme metodologia descrita anteriormente. Desta forma, totalizaram-se 20 indivíduos por câmara de fungo, com 1.493 e 2.521 indivíduos para as colônias com 37,1m² e 175,89m² de área de terra solta, respectivamente.

4.4. Arquitetura dos túneis de forrageamento

Inicialmente foi realizada a escavação completa dos túneis de forrageamento em dois ninhos e posteriormente foram amostrados alguns trechos em outros dois.

4.4.1. Escavação

Mapeou-se alguns orifícios de forrageamento ao redor dos ninhos, cuja área de terra solta era de 72,2m², 102,48m², 46,4m² e 165m², utilizando-se pequenos pedaços de canudos plásticos, com diferentes colorações e impregnados com pó de polpa cítrica (FOWLER *et al.* 1993). Desta forma, certificou-se que os túneis a serem escavados pertenciam ao ninho em estudo. Após este mapeamento, aplicou-se a fumaça produzida pela combustão do querosene num termonebulizador nos orifícios mapeados inicialmente e à medida que esta fumaça saía por outros orifícios, estes eram identificados e fechados com papel para que a fumaça pudesse percorrer uma distância mais longa dentro do túnel, possibilitando a localização de outros orifícios, que eram mapeados e devidamente identificados com pequenas estacas de polietileno.

A utilização da fumaça foi necessária para orientar a escavação, pois conseguiu-se saber as possíveis ligações entre os orifícios.

Em seguida, foi polvilhado talco nos orifícios de forrageamento, até constatar sua vazão num outro mais próximo. Este procedimento foi adotado com o objetivo de impregnar as paredes do túnel com o talco, facilitando a localização durante a escavação. Esta foi realizada através de ferramentas manuais como chibancas, pás, picaretas e espátulas, constituindo-se assim, na abertura de trincheiras rasas para localização do túnel, desobstruindo-os lateralmente com auxílio de uma espátula, acompanhando sua trajetória.

Ao final de cada escavação, tomou-se duas a quatro medidas de suas dimensões no trecho compreendido entre dois orifícios de forrageamento, para posterior construção de mapas.

As medidas tomadas foram a altura, largura e profundidade do túnel em relação ao nível do solo, seu comprimento real e em linha reta. Além disso, foi registrada a posição dos orifícios de forrageamento em relação ao centro imaginário do ninho.

A escavação acompanhou o túnel de forrageamento até que todo o percurso fosse descoberto, e as imagens foram registradas em fotografias.

Em outros dois ninhos, com área de terra solta de $46,4\text{m}^2$ e 165m^2 amostrou-se trechos do túnel de forrageamento entre dois orifícios de forrageamento.

Com os dados obtidos, definiu-se a variável densidade de orifícios como sendo o número de orifícios por metro quadrado em células de 2×2 metros e realizou-se a análise geoestatística e associativa.

4.4.2. Análise estatística

4.4.2.1. Geoestatística

O procedimento estatístico adotado para análise dos dados foi embasado na hipótese de valores vizinhos, de densidade de orifícios serem mais semelhantes entre si do que valores separados por grandes distâncias.

Para isso, foi necessário levar em consideração a variação espacial, com as coordenadas geográficas do ponto amostrado, fazendo-se uso do semivariograma para quantificar a dependência espacial. Dessa forma, considerou-se como coordenada geográfica o centro de células de 2 x 2 metros, cobrindo toda a ramificação do túnel e tomando-se os orifícios de forrageamento como fator de análise, o que possibilitou determinar sua distribuição geográfica.

Para realizar os cálculos e aplicações da geoestatística, existe a necessidade da variável em estudo satisfazer a hipótese intrínseca (JOURNEL e HUIJBREGTS, 1978), que requer:

$$1 - E \{ Z (X_i) \} = m,$$

qualquer que seja X_i , e que exista o semivariograma:

$$y(h) = E [Z (X_i) - Z (X_i + h)]^2$$

A hipótese intrínseca é mais comum no uso da geoestatística, por ser menos restritiva.

Para justificar a aplicação da geoestatística, pelo menos uma das seguintes hipóteses deve ser satisfeita, resultando que a hipótese intrínseca é determinante para análise. As hipóteses são:

a) Hipótese de estacionaridade de ordem 2

Essa hipótese é satisfeita quando uma função aleatória $Z(X_i)$ tem:

1) O valor esperado $E \{ Z (X_i) \}$ existir e não depender da posição x , ou seja:

$$E \{ Z (X_i) \} = (1)$$

onde m é para qualquer X_i dentro de uma área determinada S .

2) para cada par de variáveis aleatórias $\{Z(X_i)\}$, $Z(X_i + h)$, a função covariância, $C(h)$, existir e for função de h ,

$$C(h) = E \{ Z(X_i) Z(X_i + h) \} - m^2 \quad (2)$$

para qualquer X_i dentro da área S .

Esta estacionaridade da covariância, implica na estacionaridade da variância e do variograma, que resultará num correlograma.

Portanto, se a hipótese de estacionaridade de ordem 2 puder ser satisfeita, a covariância $C(h)$ e o variograma $\gamma(h)$ são ferramentas equivalentes para caracterizar a dependência espacial.

b) Hipótese intrínseca

Se a hipótese anterior não puder ser satisfeita por alguns fenômenos físicos, a hipótese intrínseca pode ser aplicável.

Esta hipótese requer apenas a estacionaridade do variograma, sem restrição à existência finita, podendo ser determinado em função do semivariograma:

$$\gamma(h) = E [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2$$

A hipótese intrínseca é mais comum no uso da geoestatística, por ser menos restritiva.

c) Hipótese de tendência

Esta é muito arbitrária, não sendo levada em consideração neste estudo, pois se uma função aleatória $Z(X_i)$ é estacionária de ordem 2, então ela também será intrínseca.

Com estas hipóteses, o próximo passo foi desenvolver um semivariograma para conhecer indiretamente a estacionaridade dos dados, que é definido por:

$$y(h) = E [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2$$

Tendo calculado o semivariograma adequou-se um modelo matemático para explicar o comportamento disposto no mesmo, e utilizando-se da dependência espacial, expressa no semivariograma, calculou-se a análise de Krigeagem que realiza a interpolação dos valores sem tendência, expressando-os em gráficos de isolinhas.

O semivariograma revela o comportamento espacial dos dados. Aos valores calculados de semivariograma, há necessidade de ajuste de uma equação matemática que descreverá o comportamento espacial da variável em estudo para qualquer valor de distância dentro do campo de estudo (VIEIRA *et al*, 1983).

4.4.2.2. Análise associativa

Para verificar se há uma relação entre a abertura de orifícios de forrageamento e a árvore a ser forrageada, utilizou-se a análise associativa segundo SOUTHWOOD (1978).

Desta forma, amostrou-se nas áreas de forrageamento, ao redor do ninho, células de 4m² dispostas de forma intercalar na cultura, registrando-se a presença e ausência das árvores e dos orifícios nas unidades amostrais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Arquitetura de ninhos

Nos ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera-Formicidae) as câmaras de fungo e de lixo localizam-se em sua grande maioria sob o monte de terra solta (Figuras 3 e 4), como constatado por EIDMAN (1932), AUTUORI (1942), JACOBY (1950) e MARICONI (1970). Esta disposição das câmaras sob o monte de terra solta é observada também em colônias de outras espécies de saúva, como *Atta laevigata* (PEREIRA-DA-SILVA, 1975) e em *Atta vollenweideri* (JONKMAN, 1980), no entanto, em *Atta capiguara* as câmaras de fungo localizam-se fora da área do maior monte de terra solta, apresentando-se distanciadas e distribuídas numa região ao redor da mesma e sob o nível do solo, ao passo que as câmaras de lixo localizam-se sob o monte de terra solta maior (AMANTE, 1967, MARICONI, 1970, FORTI, 1985).

Essa comparação permite constatar uma peculiaridade com relação a arquitetura dos ninhos referentes à cada espécie de *Atta*. Cabe ressaltar que em *Atta sexdens rubropilosa*, apesar da maioria das câmaras de lixo localizarem-se sob a projeção do monte de terra solta, estão deslocadas lateralmente, tendendo a

sair dessa projeção (Figura 4). Esta característica também pode ser constatada nos dados obtidos por AUTUORI (1942) em *Atta sexdens rubropilosa*.

Nas Figuras 3 e 4 estão esquematizados os ninhos de *Atta sexdens rubropilosa*, com diferentes áreas de terra solta e quantidade de câmaras. No ninho da Figura 3 não foi encontrada nenhuma câmara de lixo na unidade amostral, por outro lado em outro ninho (Figura 4) foram encontradas 17 câmaras de lixo.

Constatou-se pequena diferença na porcentagem de câmaras (Quadro 1), mas uma significativa semelhança em número total de câmaras, câmaras com lixo e com fungo, entre os ninhos P3 e N2 e o P2 e B5. No entanto, deve-se considerar que o volume da trincheira tomado como amostra não é o mesmo para os diferentes ninhos, sendo do ninho B5 ($V= 79,27 \text{ m}^3$), mais próximo do N2 ($V=81,8 \text{ m}^3$) e o do ninho P2 ($V= 42,38 \text{ m}^3$) mais próximo do P3 ($V= 50,07 \text{ m}^3$).

Esta porcentagem de câmaras é bem diferente da encontrada por AUTUORI (1942), pois este autor estudou as colônias nos meses de janeiro a março, período no qual há pouco fungo sendo cultivado, por isso ocorre maior porcentagem de câmaras vazias.

QUADRO 1 - Porcentagem de câmaras encontradas nos ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* escavados. Botucatu, SP.

NINHO	número de câmaras								
	fungo	%	vazia	%	terra	%	lixo	%	total
P3	176	84,2	11	5,2	5	2,4	17	8,2	209
P2	89	78,8	10	8,8	8	7,1	6	5,3	113
B5	136	97,8	3	2,2	0	0	0	0	139
N2	172	86,4	13	6,5	2	1,1	12	6,0	199

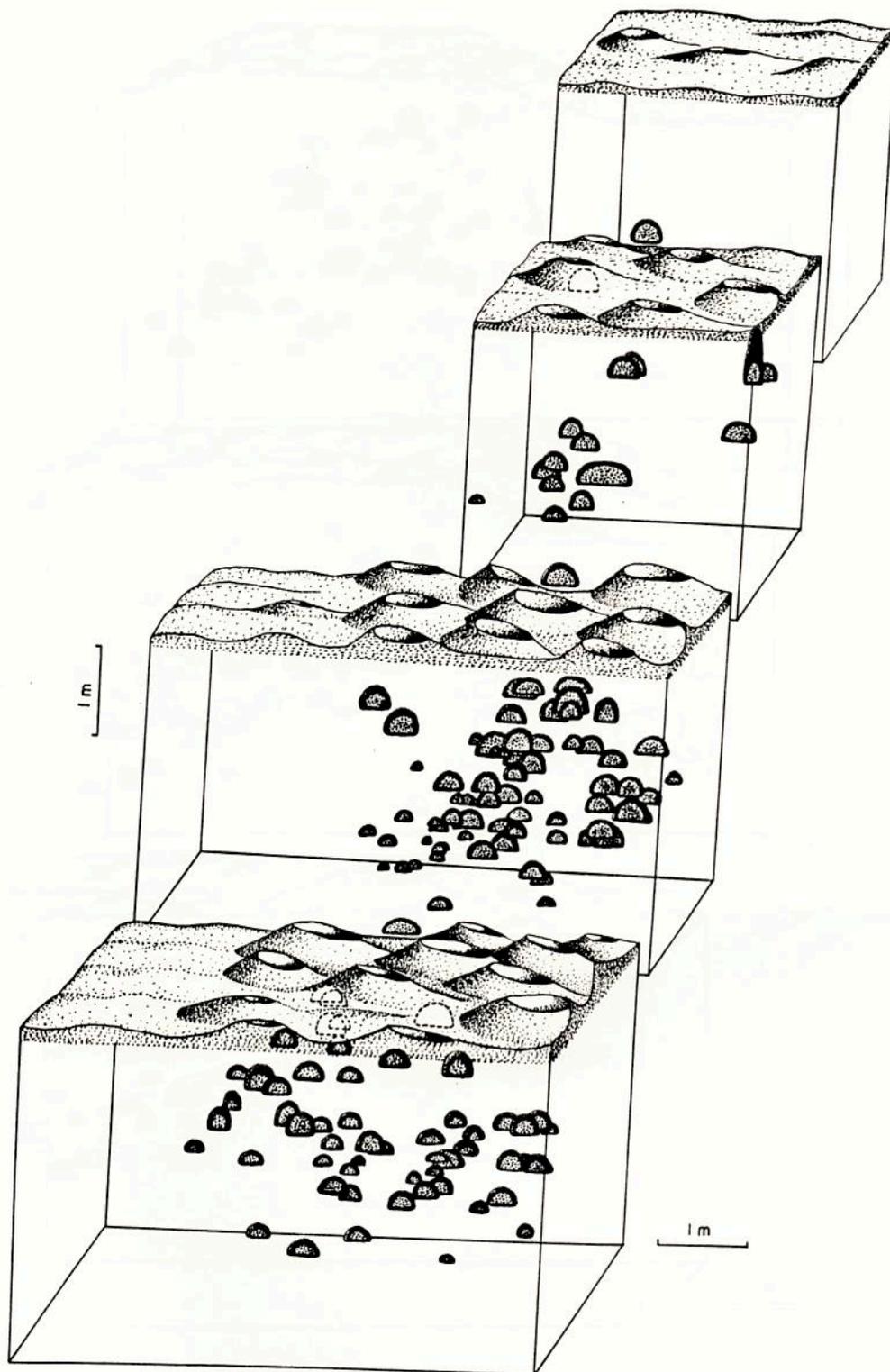


FIGURA 3 - Desenho esquemático de um ninho de *Atta sexdens rubropilosa*, com a disposição das câmaras de fungo sob a projeção do monte de terra solta, escavado em Botucatu, SP.

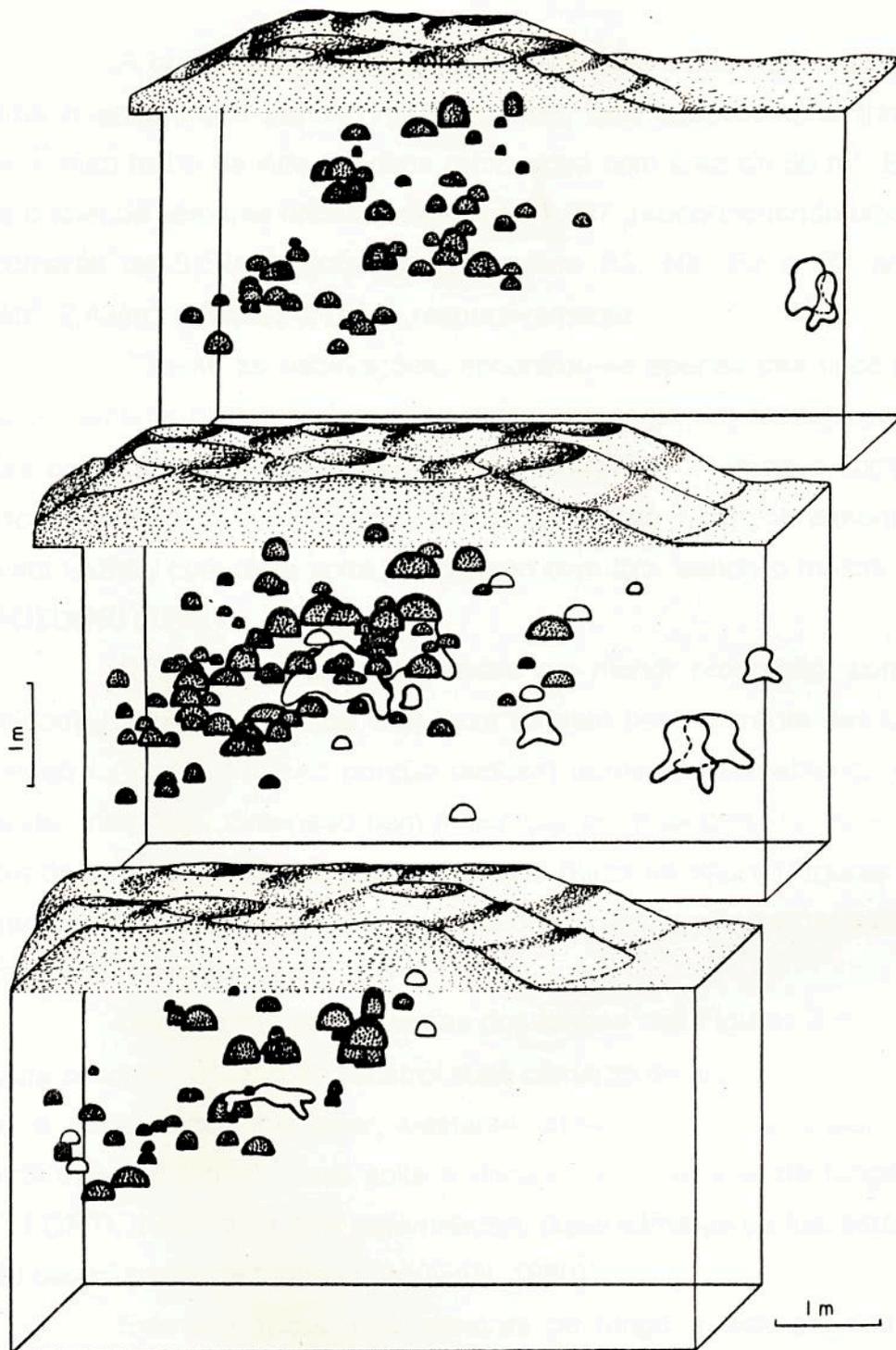


FIGURA 4 - Desenho esquemático de um ninho de *Atta sexdens rubropilosa*, com a disposição das câmaras de fungo (hachurado) e lixo (branco) sob a projeção do monte de terra solta, escavado em Botucatu, SP.

A quantidade de câmaras de lixo encontrada nos ninhos P3 e N2 é próxima a encontrada por AUTUORI (1942), que escavou uma trincheira com $120,4\text{m}^3$ num ninho de *Atta sexdens rubropilosa* com área de 56m^2 . Entretanto, o número total de câmaras encontradas foi de 1.027, proporcionando uma densidade de câmaras de $8,52/\text{m}^3$; enquanto os ninhos B5, N2, P2 e P3 apresentaram $1,75/\text{m}^3$, $2,43/\text{m}^3$, $2,66/\text{m}^3$, $4,17/\text{m}^3$, respectivamente.

Durante as escavações, encontrou-se apenas três tipos de câmaras morfológicamente distintas. A maioria delas apresenta um formato semi-elipsóide (Figura 5a), com altura média de 18,31cm, largura de 24,25cm e comprimento de 24,24cm (Quadro 2), utilizadas para o cultivo do fungo, entretanto, algumas estavam vazias, com terra solta, ou mesmo com lixo, sendo o mesmo constatado por AUTUORI (1942).

Outras câmaras, encontradas em menor proporção, contêm grande quantidade de lixo (câmara de lixo), com formato bem diferente das utilizadas no cultivo do fungo. Sua maior porção também apresenta semelhança à um semi-elipsóide, mas com dimensão bem maior que as anteriores, tendo a maior delas 110cm de largura, 100cm de comprimento e 50cm de altura (Figuras 5c, 5d). No entanto, estas câmaras apresentam prolongamentos cilíndricos, semelhantes à braços, como descrito por AUTUORI (1942).

Observando os esquemas dos ninhos nas Figuras 3 e 4, constata-se que *Atta sexdens rubropilosa* constrói suas câmaras de lixo próximo às câmaras de fungo e em posição intercalar, bastante diferente de *Atta capiguara*, que as constrói sob o monte de terra solta e distante das câmaras de fungo (AMANTE, 1967; FORTI, 1985) e de *Atta vollenweideri*, cujas câmaras de lixo estão abaixo da região das câmaras de fungo (JONKMAN, 1980).

Esta disposição das câmaras de fungo e lixo, em ninhos de *Atta sexdens rubropilosa*, pode ser uma adaptação para facilitar a limpeza das câmaras de fungo, pois as operárias percorrem uma distância menor comparado às duas outras espécies mencionadas anteriormente, ou mesmo porque constroem maior número de câmaras que *A. capiguara*.

QUADRO 2 - Dimensões das câmaras dos ninhos de *Atta sexdens rubropilosa*, envolvendo os parâmetros largura, altura e comprimento. Botucatu, SP.

Ninho	largura			comprimento			altura			n						
	x	s ²	s	max.	min	x	s ²	s	max.		min.	x	s ²	s	max.	min.
B5	26	80.04	8.95	6	8	25.24	76.56	8.75	61	6	17.97	35.25	5.93	32	5	139
P3	24	154	12.41	110	7	24.12	100.76	10.00	100	7	16.69	69.46	8.33	70	6	209
P2	26	76.61	8.75	55	5	26.62	71.40	8.40	51	9	20.58	39.8	6.31	44	7	113
N2	21	61	8.00	57	6	21.00	59	8.00	59	2	18.00	48.00	7	59	3	200
Média	24.25					24.24					18.31					

Em *Atta capiguara*, a construção das câmaras de lixo é mais distante das de fungo provavelmente por esta apresentar maiores dificuldades na assepsia da colônia (FORTI, comunicação pessoal), quando comparado com *Atta sexdens rubropilosa*.

As câmaras de fungo têm a parede levemente rugosa, contendo dois orifícios próximos à sua base, sendo um oposto ao outro (Figura 5b), permitindo a comunicação entre as câmaras. Um pouco acima da base, na parede da câmara, existe uma depressão perimetral comunicando os orifícios, provavelmente construída para facilitar a locomoção das operárias com o substrato, utilizado no cultivo do fungo, ou mesmo na passagem de uma câmara para outra (Figura 5a). Esta característica também foi observada por JACOBY (1950), que teceu este comentário sobre a utilidade desta depressão perimetral pelas operárias de *Atta sexdens rubropilosa*. Esta característica da câmara, é peculiar de *Atta sexdens rubropilosa*, pois em *Atta vollenweideri*, elas são elipsóides, não apresentando o piso plano e nem a depressão perimetral (JONKMAN, 1980). O mesmo é constatado para *Atta laevigata* cujas câmaras tem um formato semelhante a um elipsóide, com apenas um orifício de comunicação, não apresentando o piso plano (MOREIRA e FORTI, não publicado). Já as câmaras de *Atta capiguara*, apesar de apresentarem um piso plano com duas entradas laterais, uma oposta à outra, semelhante à de *Atta sexdens rubropilosa*, difere desta pela ausência da depressão perimetral (FORTI, comunicação pessoal), e por apresentar a parede lisa (MARICONI e ZAMITH, 1961).

O mesmo é observado nas câmaras de lixo, sendo bem diferente daquelas construídas por *Atta capiguara* (FORTI, 1985) e *Atta vollenweideri* (JONKMAN, 1980), que apresentam o formato de uma pera.

O ninho tem dois ou três túneis, em diferentes profundidades, que o comunicam ao exterior, conectando-os aos túneis de forrageamento, sendo um mais superficial (0,47m), um na posição mediana (1,04m) e outro mais profundo (1,80m). Esses são largos e ligam-se nas câmaras de fungo que se dispõem ao longo de seu percurso. Segundo JACOBY (1950), os túneis transpassam o ninho

de um lado a outro, ramificando-se e conferindo ao sistema um aspecto de cinto, denominado sistema de cinto.

Este sistema de cinto não foi constatado nessas escavações, pois os túneis presente no ninho passavam lateralmente às câmaras até alcançar uma alta densidade destas, e a partir daí, a comunicação é entre as câmaras, por canais mais estreitos, não sendo encontrado nenhum sistema de cinto.

Segundo JACOBY (1950) o sistema de cinto está situado entre 60 e 80cm de profundidade, separando a parte superior do ninho, com poucas painelas, da parte inferior, mais ativo e com muitas painelas. Durante a escavação, encontrou-se poucas câmaras até a profundidade de 100cm, somente 22%, enquanto as demais estão abaixo dessa profundidade (Quadro 3), entretanto, não se constatou nenhum sistema de cinto.

5.1.1. Comparação entre os ninhos estudados

Verificou-se grande variação nas dimensões das câmaras, expresso pela altura, largura e comprimento (Figura 6, Quadro 2), mas apesar disso, apresentam um formato padrão nos diferentes ninhos. O mesmo foi constatado por JONKMAN (1980) quando analisou altura média das câmaras de *Atta vollenweideri*, atribuindo esta diferença a idade da colônia.

Quando se comparam as diferentes colônias utilizadas neste estudo, observa-se que as câmaras de fungo possuem altura muito variável (Figura 7), apresentando semelhança entre os ninhos N2 e P3, cuja maior frequência está na faixa de 14 a 20cm e 12 a 18cm, respectivamente, ao passo que na colônia P2 a maior frequência está na faixa de 18 a 24cm, enquanto o ninho B5 apresenta maior frequência na faixa de 16 a 22cm.

Com relação as larguras das câmaras (Figura 8) pode-se constatar a semelhança entre as colônias N2 e P3, com maior frequência de distribuição na faixa de 18 a 22cm. Por outro lado, o ninho B5 e o P2 apresentam maior frequência entre 24 a 30cm.

Outro parâmetro avaliado, é com relação ao comprimento das câmaras, observando-se uma semelhança nas colônias N2 e P3, com valores na faixa de 18 a 24cm, enquanto o ninho B5 e P2 com maior frequência na faixa de 22 a 30cm (Figura 9).

Analisando a Figura 10, que expressa a distribuição de câmaras em função da profundidade, constata-se uma curva semelhante entre os ninhos N2 e P3, e os ninhos P2 e B5.

QUADRO 3 - Distribuição de câmaras em função da profundidade, nos ninhos de *Atta sexdens rubropilosa*. Botucatu - SP.

Profundidade (cm)	número de câmara dos ninhos				média	%
	B5	P3	P2	N2		
0 a 50	1	9	7	12	7,25	4,41
51 a 100	14	44	18	40	29,00	17,66
101 a 150	21	52	20	62	38,75	23,60
151 a 200	36	57	22	68	45,75	27,86
201 a 250	46	38	28	17	32,52	19,64
251 a 300	20	3	18	1	10,50	6,42
301 a 350	1	1	0	0	0,3	0,3
351 a 400	0	0	0	0	0	0
401 a 450	0	1	0	0	0,15	
Total	139	205	113	200		

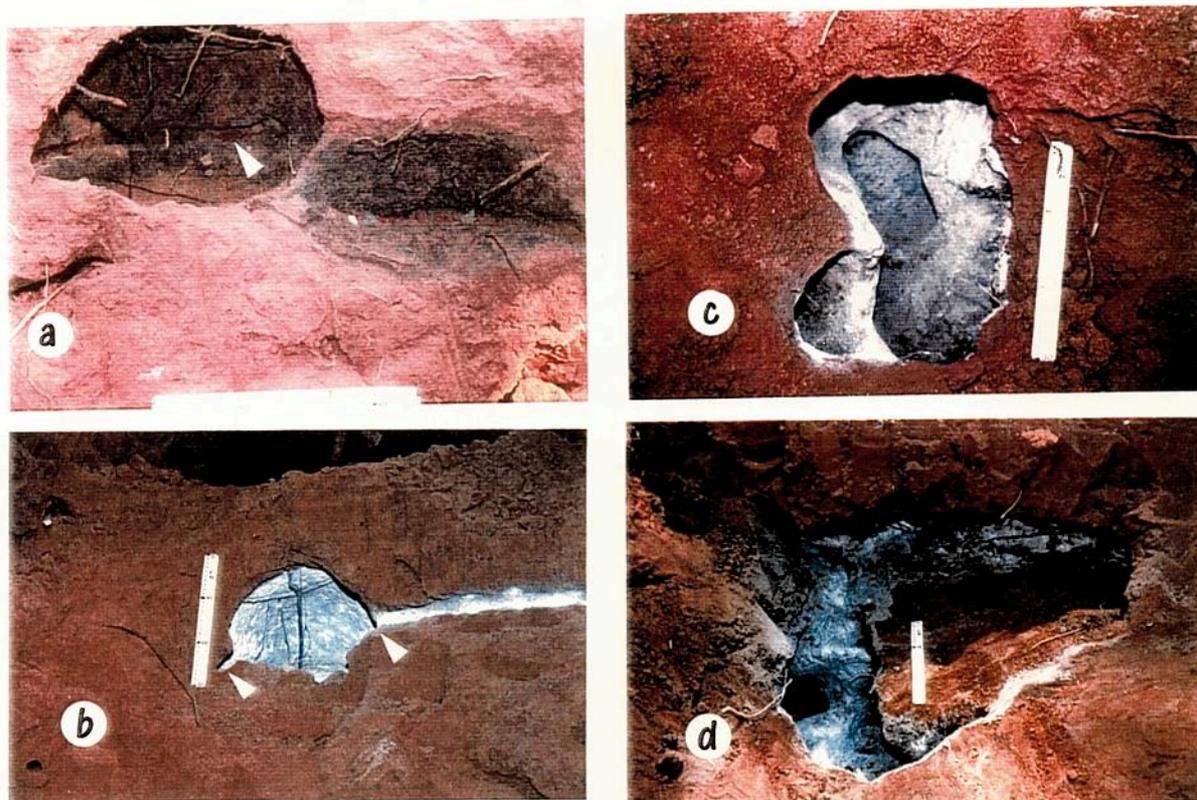


FIGURA 5 - Vista de uma câmara utilizada no cultivo de fungo por *Atta sexdens rubropilosa*, mostrando com detalhes a depressão periférica (a) e os dois orifícios laterais (b); e vista superficial de uma câmara usada para armanezar lixo, mostrando seu aspecto disforme e grande dimensão (c), bem como os prolongamentos em forma de braços (d). Botucatu, SP.

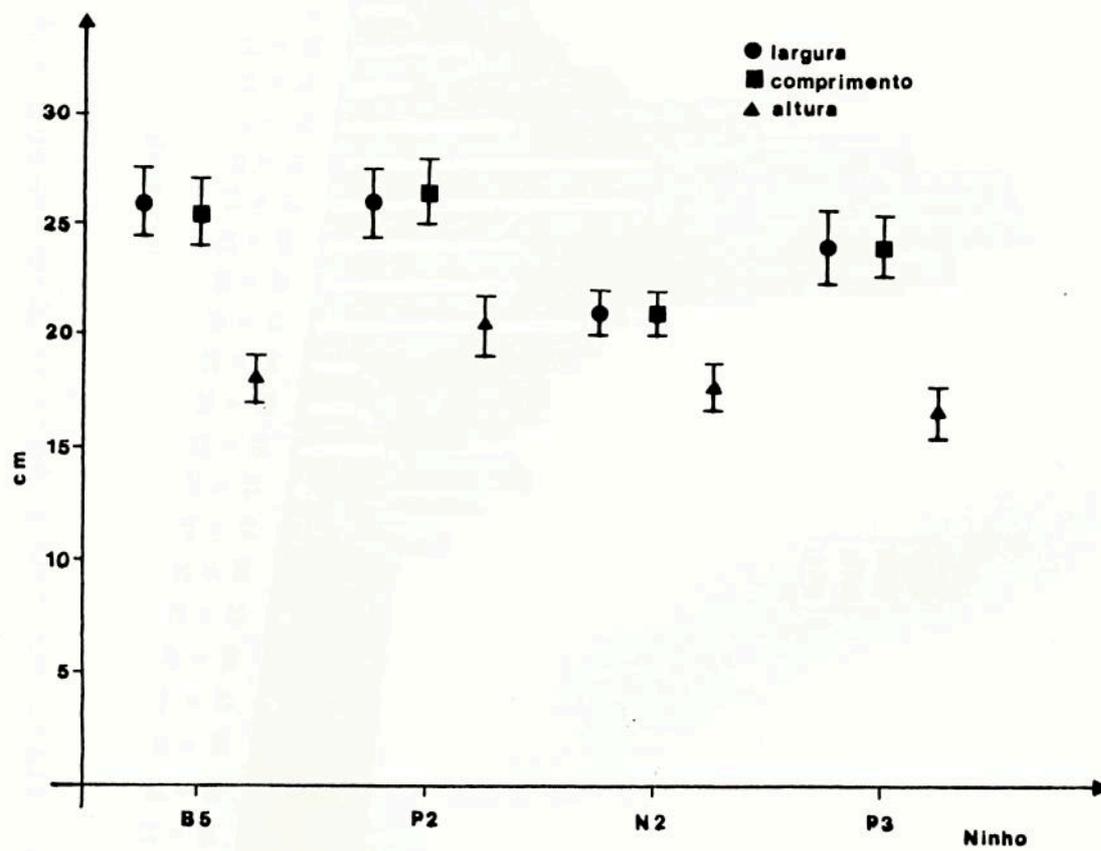


FIGURA 6 - Valores médios e intervalo de confiança da largura, comprimento e altura das câmaras dos ninhos de *Atta sexdens rubropilosa*. Botucatu, SP.

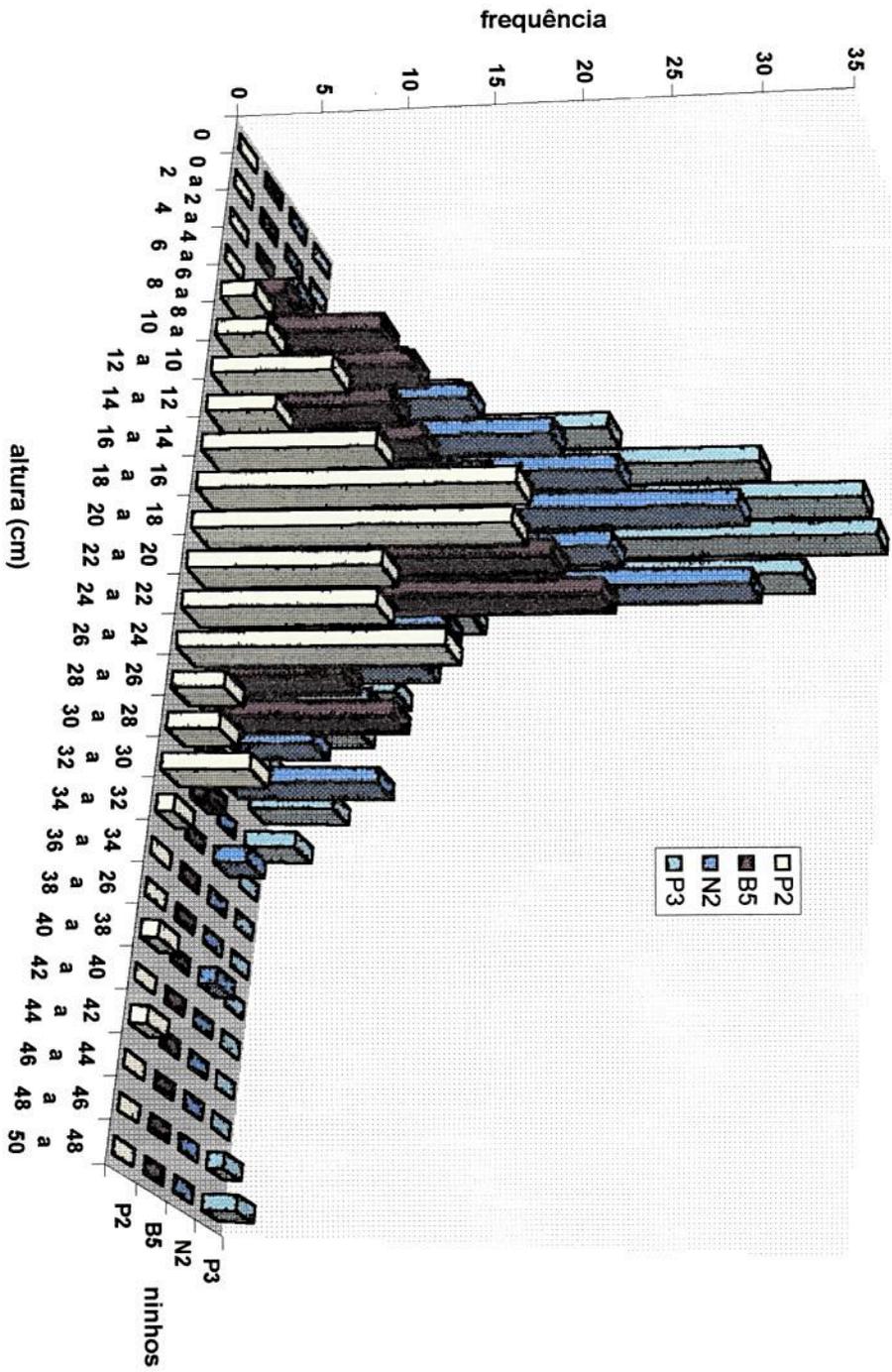


FIGURA 7 - Distribuição de câmaras de *Atta sexdens rubropilosa*, em função de sua altura. Botucatu, SP.

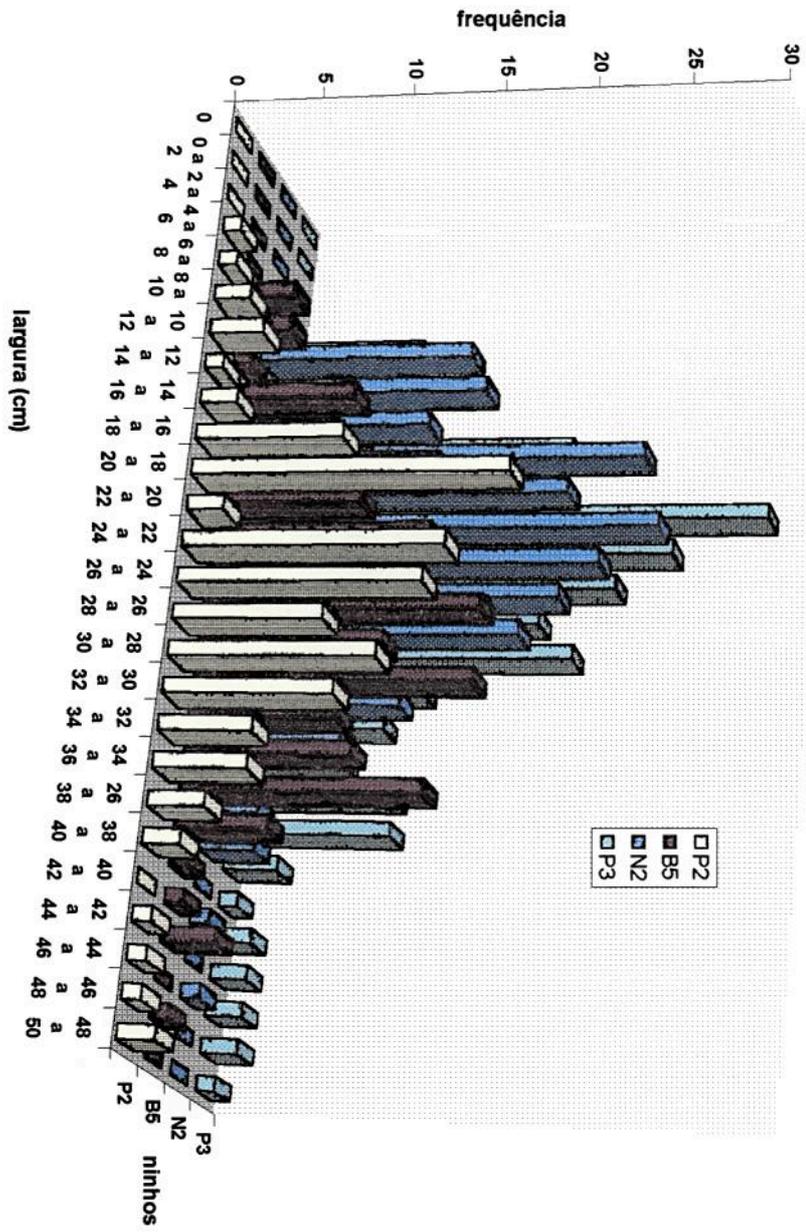


FIGURA 8 - Distribuição de câmaras de *Atta sexdens rubropilosa*, em função de sua largura. Botucatu, SP.

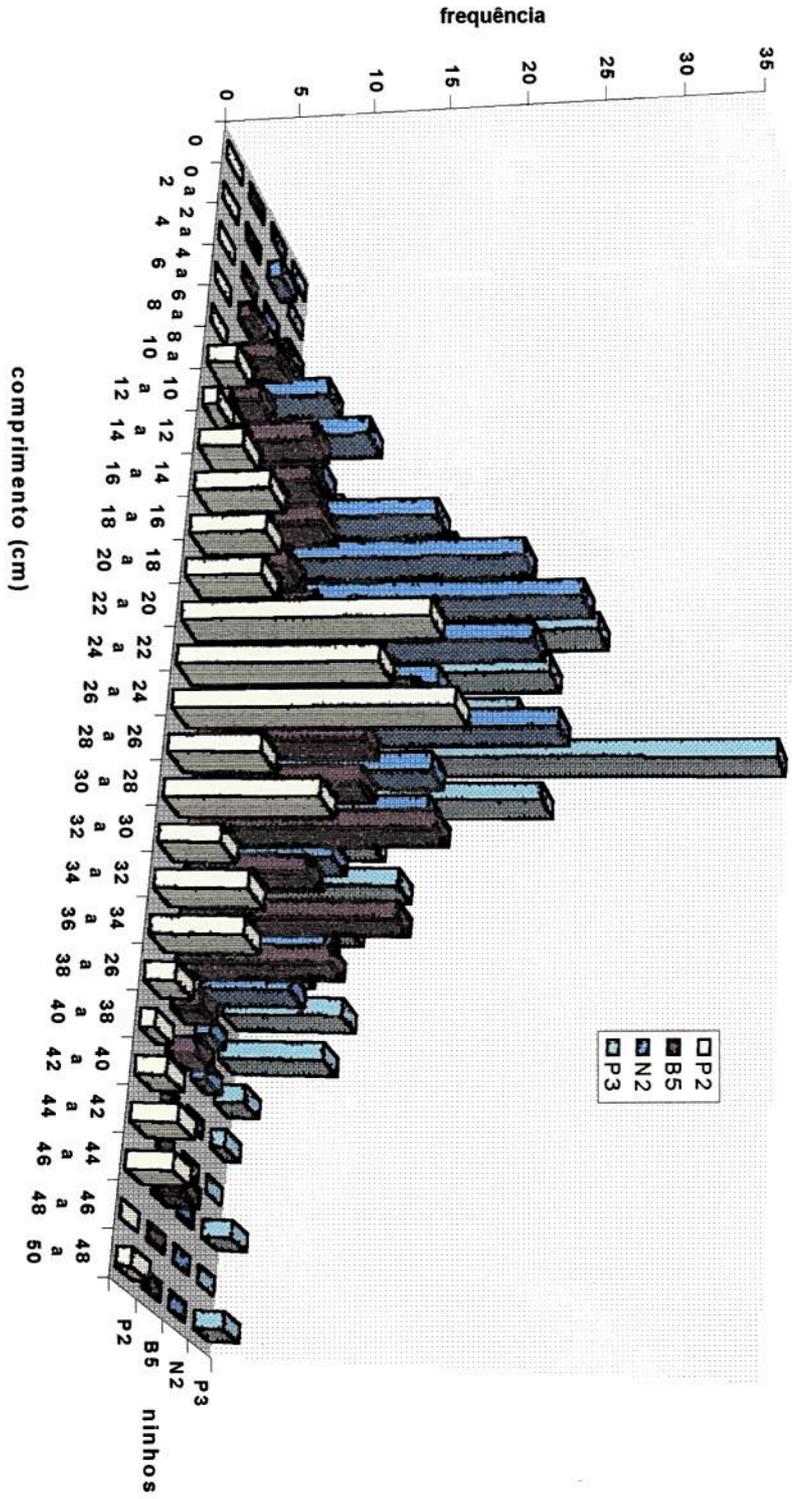
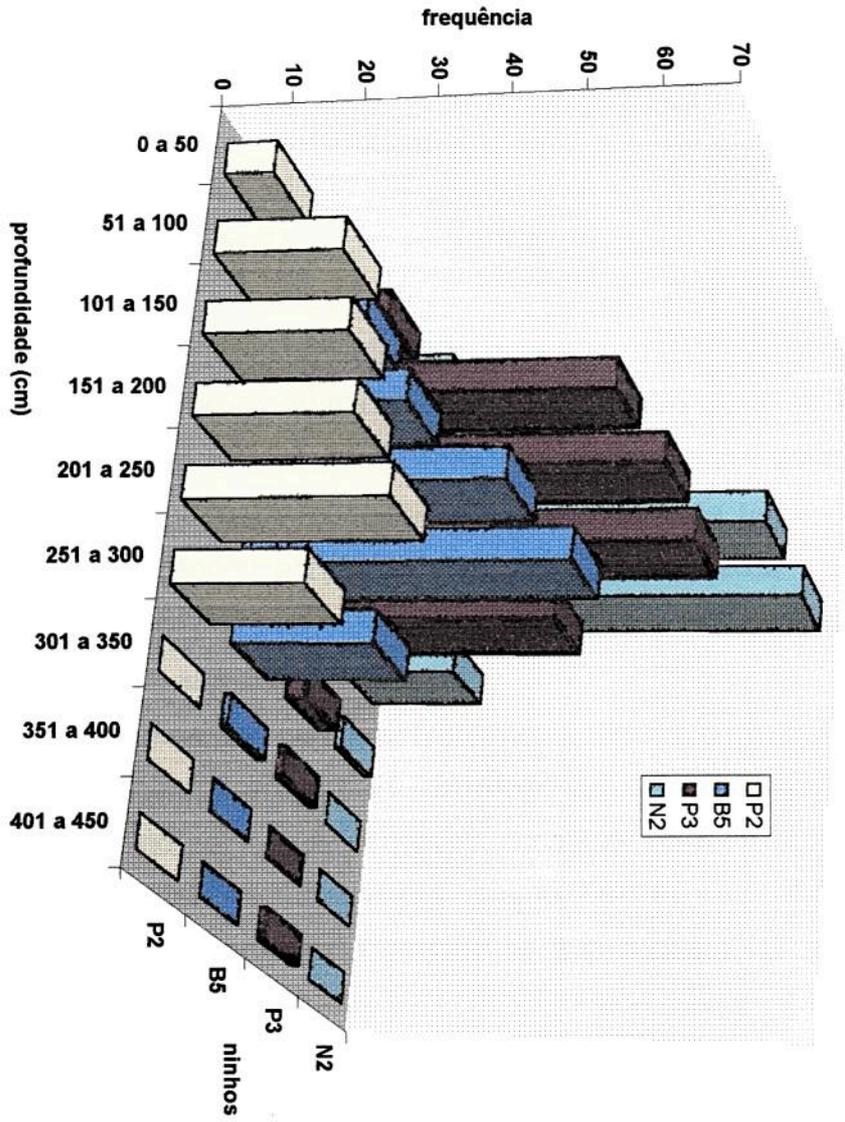


FIGURA 9 - Distribuição de câmaras de *Atta sexdens rubropilosa*, em função de seu comprimento. Botucatu, SP.

FIGURA 10 - Distribuição de câmaras de *Atta sexdens rubropilosa*, em função de sua profundidade em relação ao nível do solo. Botucatu, SP.



A profundidade das câmaras é muito variável, podendo concentrar-se numa posição mais superficial, como observado nos ninhos P3 e N2, ou mais profundo, como observado nos ninhos B5 e P2 (Quadro 3 e Figura 10).

Esta semelhança pode ser comprovada quando se correlaciona a profundidade de câmaras entre os diferentes ninhos. Através desta comparação, constata-se que existe alta correlação linear entre os ninhos N2 e P3 ($r^2 = 0,829$; $p < 0,05$) e os ninhos P2 e B5 ($r^2 = 0,837$; $p < 0,05$), por outro lado as demais correlações são pouco expressivas, sendo os ninhos P3 e P2 ($r^2 = 0,637$; $p < 0,05$), P3 e B5 ($r^2 = 0,530$; $p < 0,05$), N2 e P2 ($r^2 = 0,078$; $p < 0,05$), N2 e B5 ($r^2 = 0,164$; $p < 0,05$).

5.1.2. Área de terra solta

A área de terra solta é utilizada para determinar a idade do ninho e a dosagem de qualquer produto químico empregado no seu controle. A origem da terra solta colocada sobre o ninho é atribuída à escavação do mesmo pelas formigas, entretanto, não é de conhecimento se toda esta terra é procedente somente desta escavação ou acrescida daquela proveniente da construção dos túneis de forrageamento; por isso, determinou-se a área e o volume de terra solta, correlacionando-os com sua estrutura interna.

Para certificar-se que realmente existe alguma correlação entre estes parâmetros, realizou-se a correção no número e volume total das câmaras dos ninhos, baseando-se no volume da trincheira escavada (Quadro 4). Assim, pode-se comparar a área de terra solta com seu volume, bem como o número e volume de câmara dos respectivos ninhos. Constata-se que o ninho N2 apresenta uma área de terra solta aproximadamente três vezes maior que o ninho P3, apesar disso o volume da terra é praticamente o mesmo. Por outro lado, comparando o ninho P3 e P2, observa-se que a área de terra solta é praticamente a mesma, entretanto o volume de terra solta é bem maior no ninho P3.

Como se pode perceber, o fato de relacionar área de terra solta com idade do ninho (AUTUORI, 1942; JONKMAN, 1980) pode não ser o parâmetro

mais adequado, pois o próprio AUTUORI (1942) constatou que o número de olheiros aumenta bastante até 3 anos de idade e conseqüentemente sua área. Entretanto, nos cinco meses seguintes não apresentou diferença significativa,

A sustentação desta afirmativa reside no fato de que, como visto no Quadro 4, ninhos com áreas semelhantes apresentam volumes de terra solta diferentes, cuja procedência é da escavação das câmaras e túneis, conseqüência do crescimento e desenvolvimento. Por esta razão é que se correlacionou os parâmetros área e volume de terra solta com as demais características da estrutura interna do ninho.

À medida que o ninho se desenvolve, ocorre o aumento da área de terra solta (AUTUORI, 1942; JONKMAN, 1980). Com isso, certamente há um aumento no volume de terra solta, proporcionando uma correlação entre área e volume. Entretanto, neste trabalho comprovou-se que esta correlação linear é insignificante, com um $r^2 = 0,0796$ ($p < 0,05$) confirmando a insegurança ao se relacionar área de terra solta com idade de colônia.

Para consolidar estas afirmações, relacionou-se estes parâmetros com a estrutura interna do ninho. Neste sentido, quando se comparou a área de terra solta com o número e o volume total de câmaras corrigidos, constatou-se uma correlação inversa de valor médio entre eles, com um $r^2 = 0,625$ ($p < 0,05$) e $r^2 = 0,531$ ($p < 0,05$), respectivamente.

Quando se comparou o volume total das câmaras corrigido com o volume de terra solta, constatou-se um índice alto de correlação inversa, com um $r^2 = 0,788$ ($p < 0,05$), dando indício de que o aumento no volume de terra solta com o desenvolvimento da colônia, deve-se também à construção dos túneis de forrageamento e não somente ao aumento do ninho.

Por outro lado, há uma correlação positiva entre o volume de terra solta e o número total de câmaras corrigido, mas de valor insignificante ($r^2 = 0,316$; $p < 0,05$). Apesar disso supõe-se que há uma pequena contribuição no aumento do volume de terra solta, devido ao número de câmaras, no entanto, a grande quantidade é proveniente da construção dos túneis de forrageamento.

Com estas constatações, é válido repensar no uso da área de terra solta para estimar a idade dos ninhos e dosagem de produtos químicos utilizados em seu controle.

QUADRO 4 - Número de câmaras, área e volume de terra solta dos ninhos de *Atta sexdens rubropilosa*. Botucatu, SP.

Ninho	área de terra solta (m ²)	volume de terra solta (litros)	n ^o total de câmaras corrigido	n ^o total de câmaras	vol. total das câmaras corrigido (litros)	volume total das câmaras (litros)
P3	34,65	14760	340,67	178	31,44	10,37
P2	37,1	4080	218,10	77	44,60	7,97
B5	175,89	-----	143,17	136	23,93	11,62
N2	90	12540	199,00	173	26,20	11,60

5.2. Distribuição de substrato em colônias

Foram amostradas um total de 199, 112 e 210 câmaras em cada ninho estudado, destas 171, 77 e 171 eram câmaras contendo fungo, representando 85,9%, 68,75% e 81,42% do total, respectivamente (Quadro 5).

Constatou-se que não há setorização na distribuição do substrato, pois apesar da aplicação da isca corada ser realizada em diferentes setores (Figuras 11, 12 e 13), ocorreu uma distribuição das mesmas em todas

Quadro 5. Número total de câmaras e seu conteúdo, encontrado em três ninhos de *Atta sexdens rubropilosa*. Botucatu - SP.

Ninho	área de terra solta (m ²)	Câmaras										total
		vazia	%	terra	%	lixo	%	mo ex.	%	fungo	%	
N2	90	12	6,0	3	1,5	12	6,0	1	0,5	171	85,90	199
P2	37,1	10	8,9	8	7,4	6	5,3	11	9,8	77	68,75	112
P3	34,65	11	5,2	7	3,3	17	8,0	4	1,9	171	81,42	210

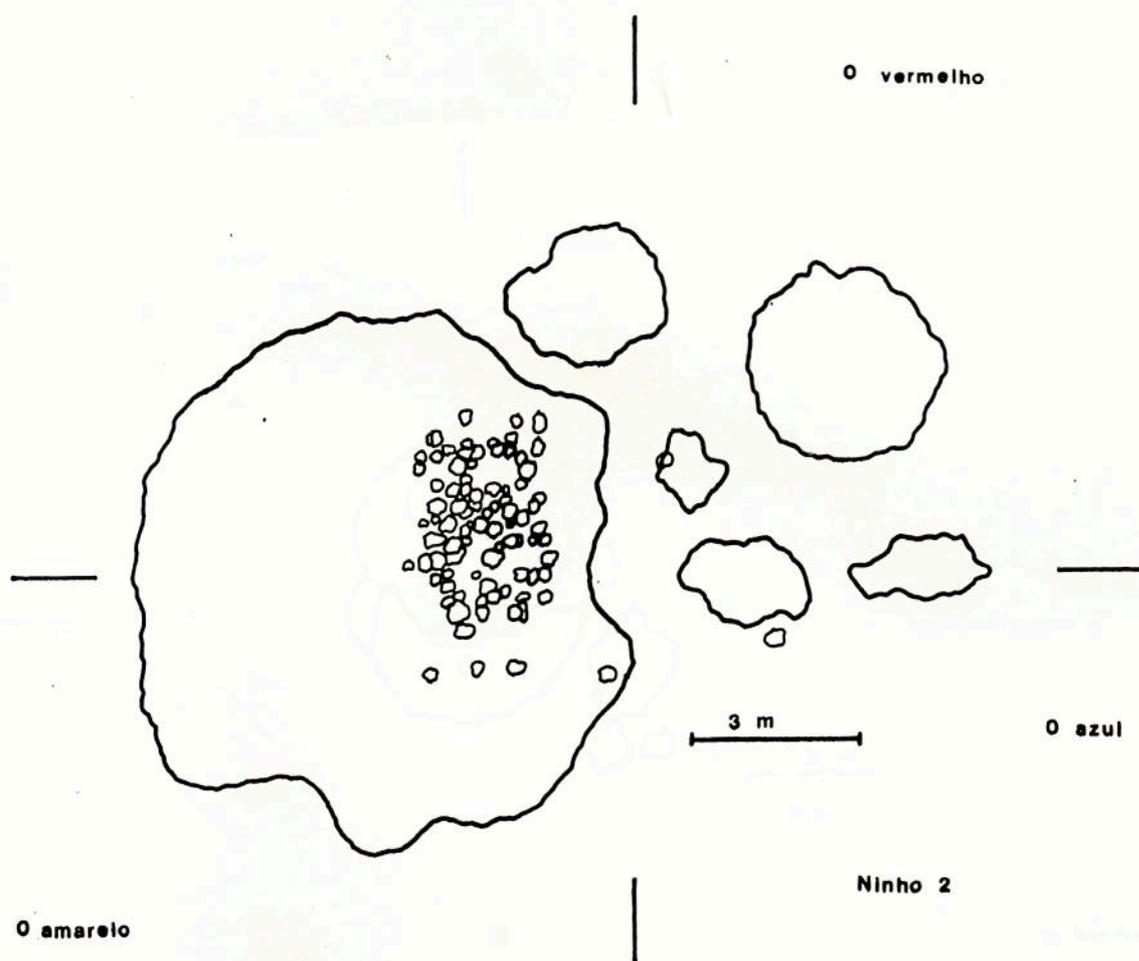


FIGURA 11 - Desenho esquemático do ninho N2 de *Atta sexdens rubropilosa*, destacando os setores hipotéticos onde foram aplicadas as iscas coradas, e a representação de sua distribuição no ninho. Botucatu, SP.

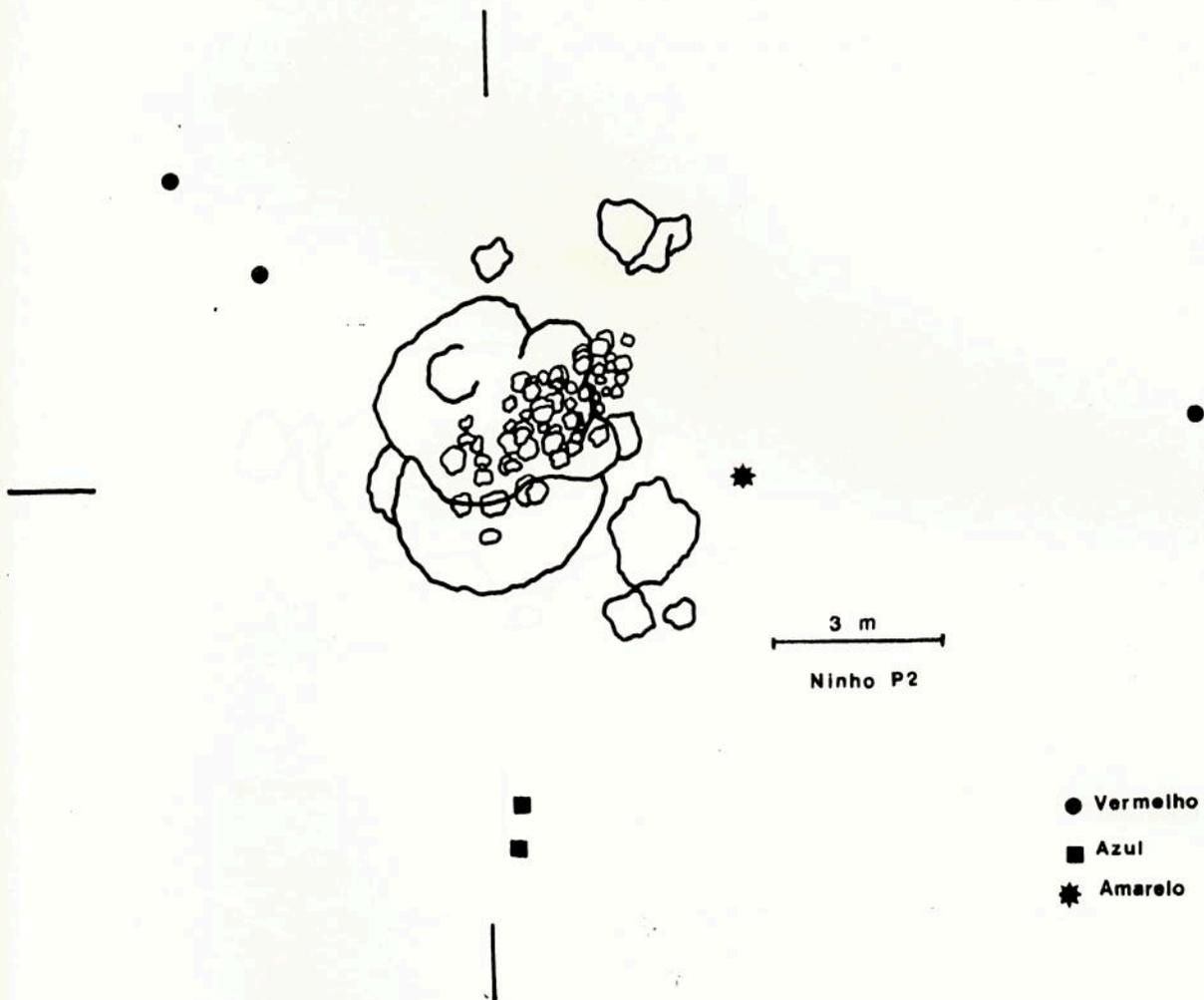


FIGURA 12 - Desenho esquemático do ninho P2 de *Atta sexdens rubropilosa*, destacando os setores hipotéticos onde foram aplicadas as iscas coradas, e a representação de sua distribuição no ninho. Botucatu, SP.

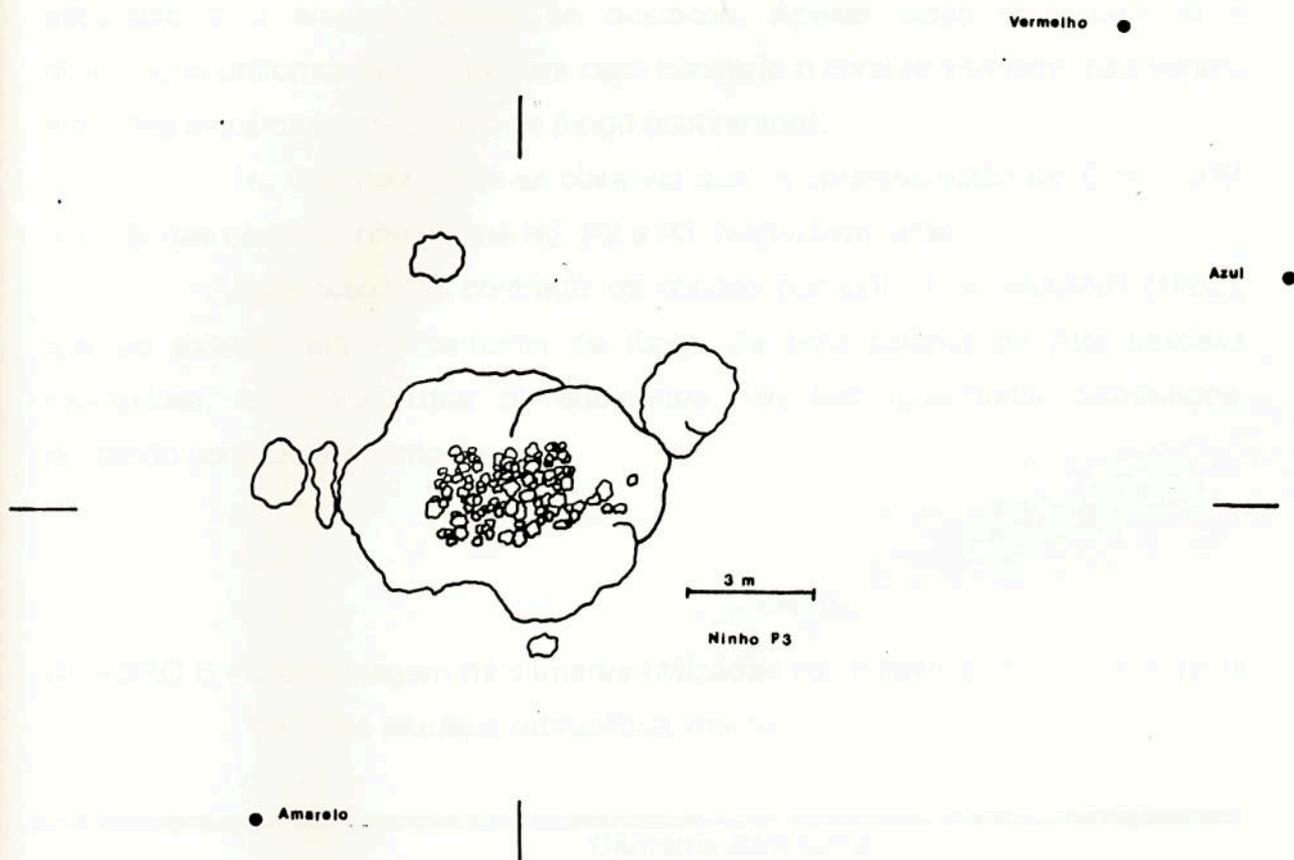


FIGURA 13 - Desenho esquamático do ninho P3 de *Atta sexdens rubropilosa*, destacando os setores hipotéticos onde foram aplicadas as iscas coradas, e a representação de sua distribuição no ninho. Botucatu, SP.

câmaras de cultivo de fungo amostrados (Quadro 6). Cabe ressaltar que, devido a problemas metodológicos, o corante mais fácil de visualizar na cultura de fungo foi o vermelho (Rodamina B), enquanto o azul se destacou um pouco no último ninho escavado e o amarelo pouco se destacou. Apesar disso comprovou-se a distribuição uniforme no ninho, pois caso contrário o corante vermelho não estaria em todas as câmaras de cultivo de fungo encontradas.

No Quadro 6 pode-se observar que os corantes estão em 97%, 100% e 100% das câmaras nos ninhos N₂, P₂ e P₃, respectivamente.

Este resultado contradiz os obtidos por LOECK e NAKANO (1982), que ao examinarem 44 câmaras de fungo de uma colônia de *Atta sexdens rubropilosa*, verificaram que os substratos não são igualmente distribuídos, tendendo ao abastecimento setorial.

QUADRO 6 - Porcentagem de câmaras utilizadas no cultivo do fungo em ninhos de *Atta sexdens rubropilosa*, marcadas com corante.

Ninho	Câmaras com fungo				Total
	com corante	%	sem corante	%	
N ₂	166	97,1	5	2,9	171
P ₂	77	100	0	0	77
P ₃	171	100	0	0	171

Com relação ao trabalho de LOECK e NAKANO (1982) é válido considerar que os substratos utilizados foram folhas de laranjeiras, flores de duas variedades de caquizeiro e cotilédones de feijão. O tempo de espera entre oferecer os substratos e matar a colônia foi de 4:30 horas, enquanto o número de câmaras

amostradas foi de 44, sendo que 41 destas apresentavam o fungo, além de utilizar apenas um ninho. Sob estes aspectos, deve-se considerar que este tempo de espera não é suficiente para que as operárias possam distribuir o substrato nas câmaras, pois como observou-se no presente trabalho é necessário aguardar um período ao redor de 24 horas para que as operárias transportem o substrato e o incorporem ao fungo.

Ao que tudo indica, este curto tempo de espera adotado por LOECK & NAKANO (1982) possibilitou uma pequena incorporação do substrato ao fungo, podendo os mesmos serem identificados. No entanto, se fosse aguardado um período de tempo maior para matar a colônia, dificilmente os autores distinguiriam os substratos utilizados dos demais incorporados, pois todos apresentam o mesmo aspecto. Além disso, ainda realizaram o estudo em apenas um ninho, enquanto no presente trabalho foram utilizados três, com porte entre médio e grande.

Esta distribuição uniforme dos substratos no ninho também foi constatado em outras espécies de saúvas (MARICONI *et al* 1981), por FORTI e SILVEIRA NETO (1989) em *Atta capiguara* e por MOREIRA *et al* (1995) em *Atta laevigata*.

Constatou-se maior concentração do corante nas profundidades entre 1,5 e 2,5m, assim como observado por FORTI e SILVEIRA NETO (1989) em *Atta capiguara* e MARICONI *et al.* (1981) em várias espécies de *Atta*. Em *Atta sexdens rubropilosa* a distribuição pode ser explicada pelo fato de haver maior concentração das câmaras de fungo neste intervalo, como comentado anteriormente no tópico sobre arquitetura de colônias. Apesar disso, há uma distribuição em todas as câmaras (Quadro 6).

É válido ressaltar que somente no ninho N2, cinco câmaras de fungo não apresentaram o corante.

É importante acrescentar que não há justificativa para as operárias de *Atta sexdens rubropilosa* distribuírem os substratos de forma setorial, pois além do mesmo ter sido constatado neste trabalho, deve-se considerar o fato de que todos os orifícios de forrageamento estão conectados às ramificações do túnel de forrageamento, unindo-se em uma entrada comum no ninho (PRETTO e FORTI,

1993 e 1995). Portanto, não se justifica distribuir iscas tóxicas no maior número possível de orifícios de abastecimento como proposto por LOECK e NAKANO (1982), pois se for colocado em apenas um, toda isca será transportada ao ninho e distribuído em todas as câmaras de cultivo de fungo.

Sob o ponto de vista prático, esta distribuição não setorial facilita o controle, pois a colocação da dosagem correta de isca em apenas uma trilha bastante ativa, será suficiente para que toda a isca seja distribuída na colônia.

5.3. Dinâmica de dispersão do inseticida formulado em isca peletizada na colônia

5.3.1. Colônias de laboratório

Durante a avaliação da dispersão do inseticida em colônias de *Atta sexdens rubropilosa* nas condições de laboratório, observou-se também o comportamento desta em relação ao princípio ativo sulfluramida.

Na Figura 14, pode-se observar o fluxograma da dinâmica do inseticida, onde nas primeiras 24 horas ocorre carregamento total da isca e incorporação, com destaque importante ao fato das operárias menores lambem mais os peletes do que as operárias maiores. Isso vem ressaltar as observações de PEREGRINE e CHERRETT (1976), na qual as operárias de *Atta cephalotes* com tamanho médio são as mais envolvidas na preparação do substrato que outras castas.

Neste mesmo período de tempo, com intervalo de 1 hora após ter oferecido a isca corada, aparece na maioria das colônias o lixo marcado com o corante. Já no final deste período, isto ocorreu em praticamente todas as colônias estudadas.

A presença de lixo marcado com corante nas primeiras horas do experimento permite ponderar duas situações, onde uma delas sustenta-se no fato de que a mesma operária que carrega o substrato para a colônia, leva materiais

indesejáveis ao lixo, ou ainda uma segunda situação, onde as operárias que lambem o pellet (substrato) também levam materiais indesejáveis ao lixo, pois nestas primeiras horas a maioria das colônias inicia a incorporação da isca corada no fungo.

Deve-se considerar ainda a distribuição do alimento através da trofalaxia, que em *Iridomyrmex humilis* foi de pouca expressão na primeira hora de observação, quando utilizou um composto radioativo como marcador, alcançando ao redor de 15% da população (MARKIN, 1970). É importante ressaltar que, apesar das observações de MARKIN (1970), utilizando um marcador radioativo de baixa locomoção, neste estudo, em *Atta sexdens rubropilosa*, a distribuição do corante pode ter ocorrido de maneira mais acelerada pela trofalaxia, pois o marcador utilizado é solúvel em água e perceptível mesmo em baixa concentração, assim o prazo de aproximadamente 1 hora foi suficiente para distribuir o corante entre a grande maioria das operárias possibilitando àquelas que não carregaram e nem lamberam a isca, de contaminarem o lixo com o corante.

Após 48 horas de oferecimento da isca, as colônias iniciaram a incorporação de folhas no fungo, com pellets e pedaços de folha no lixo. Entre 72 e 96 horas após iniciado o experimento, as operárias cortaram pouca quantidade de folhas e deu-se o aparecimento do sintoma de intoxicação. No final do experimento (144 horas), houve pouca atividade com várias operárias mortas.

No Quadro 7 está expresso o número de operárias marcadas dos tratamentos e respectivas categorias de tamanho.

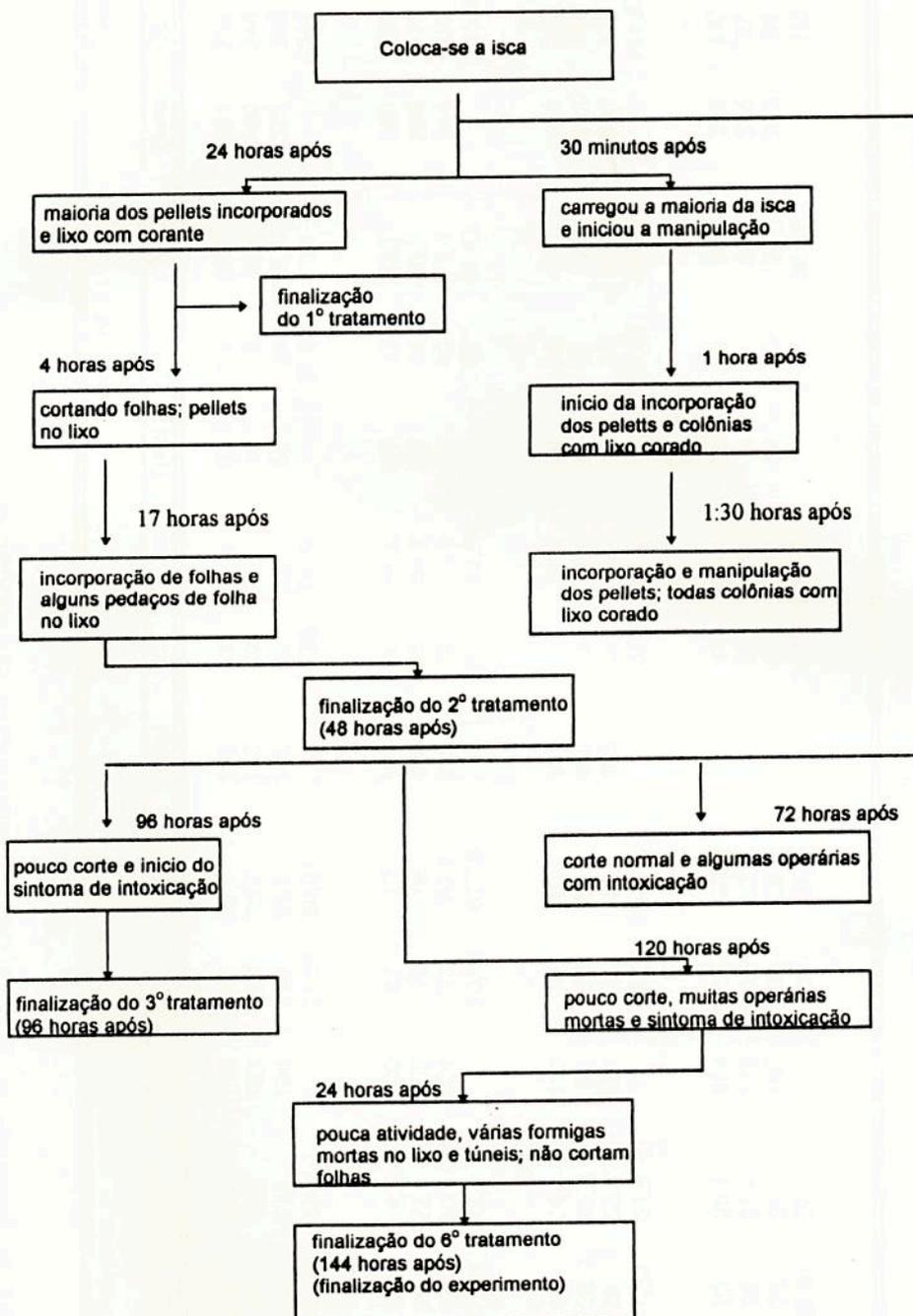


FIGURA 14 - Dinâmica do inseticida Sulfluramida em colônias de laboratório de *Atta sexdens rubropilosa*, durante o período de 144 horas. Botucatu, SP.

QUADRO 7 - Número de operárias de *Atha sexdens rubropilosa* contaminadas pelo corante Rodamina B nas diferentes categorias de tamanho, sob condições de laboratório, em função do tempo.

Categoria	Muito Pequeno			Pequeno			Médio			Grande			Total		
	Total	CC	%	Total	CC	%	Total	CC	%	Total	CC	%	Total	CC	%
TRAT.1 (24 horas)	A 104	65	62,5	103	57	55,3	103	63	61,2	51	34	66,7	361	219	60,6
	B 106	47	44,3	103	78	75,7	103	80	77,6	48	43	89,6	360	248	68,8
	C 112	60	53,6	106	80	75,5	106	89	83,9	55	36	65,5	379	265	69,9
	média	53,33	53,4	71,67	68,91		77,33	74,36		37,67		73,4	244	244	66,5
TRAT.2 (48 horas)	A 101	60	59,4	100	67	67	104	69	66,3	51	32	62,7	356	288	64
	B 125	28	22,4	109	72	66	108	55	50,9	53	24	45,3	395	179	45,3
	C 108	54	50,0	104	73	70,2	101	72	71,3	51	40	78,4	364	239	65,6
	média	47,33	42,5	70,67	67,73		65,33	62,6		32		61,93	215,3	215,3	57,9
TRAT.4 (72 horas)	A 129	96	74,4	110	45	40,9	111	61	55,0	58	25	43,1	408	227	55,6
	B 103	26	25,2	99	50	50,5	100	56	56,0	51	37	72,5	353	169	47,8
	C 100	50	50,0	101	45	44,5	105	54	51,4	50	30	60,0	356	179	50,3
	média	57,33	51,8	46,67	45,16		57	54,11		30,67		57,86	191,67	191,67	51,5
TRAT.6 (144 horas)	A 116	33	28,4	114	35	30,7	109	49	44,9	60	30	50	399	147	36,8
	B 102	28	27,4	115	26	22,6	110	29	26,4	8	4	50	335	87	25,9
	C 100	25	25,0	107	32	29,9	102	26	25,5	54	13	24	363	96	26,4
	média	28,67	27,0	31	27,7		34,67	32,39		38,52		38,52	110	110	30,0

Constatou-se que as operárias de tamanho médio são as mais marcadas num período de 24 horas, provavelmente devido ao maior contato com os pellets de iscas tóxicas.

Esta maior contaminação de operárias com tamanho médio foi constatado por PEREGRINE e CHERRETT (1976) em *Atta cephalotes*, justificado pelo contato mais prolongado com o substrato.

Após 48 horas, diminuiu a porcentagem de operárias de tamanho médio e grande marcadas com o corante, e por outro lado, a das categorias muito pequeno e pequeno mantiveram-se praticamente sem alterações, indicando um trabalho mais intenso e prolongado destas na manipulação da isca (Figura 15).

Analisando as Figuras 14 e 15, pode-se constatar que no mesmo período de 48 horas, iniciou-se o sintoma de intoxicação das operárias, pois havia folhas cortadas na câmara de lixo e em média 60% da população da colônia já estava contaminada. Este sintoma é facilmente observado no campo, pois quando se utiliza o Sulfluramida no controle de formigas cortadeiras as operárias colocam folhas cortadas sobre o monte de terra solta.

As operárias de tamanho muito pequeno, mesmo após decorrido 72 horas do oferecimento das iscas, estavam com 57,33% da população contaminada com corante (Quadro 7), dando indício de que ainda continuavam tendo contato com a isca oferecida, ou ainda, que foi responsável em grande parte nos cuidados com a alimentação da colônia.

Com relação as operárias de tamanho grande, a maior porcentagem da população contaminada ocorreu nas primeiras 24 horas, diminuindo acentuadamente com a passar do tempo (Quadro7), provavelmente esta maior contaminação no início deu-se em função do transporte do substrato.

De maneira geral, no período de 24 horas após as operárias entrarem em contato com a isca, 65,5% da população já estava contaminada com o princípio ativo da isca. Analisando a Figura 15, constata-se que a porcentagem diminuiu com tempo, pois o corante, solúvel em água, foi eliminado aos poucos. Já 72 horas após o contato com a isca, houve menor redução nesta porcentagem quando comparado ao último tratamento de 144 horas (Figura 15).

Esta dinâmica de dispersão do inseticida reforça o conceito de que um inseticida adequado ao controle de formigas tem que ser de ação letal lenta, como proposto por STRINGER *et al.* (1964), pois se for utilizado um tóxico com ação letal rápida (inseticida de contato), ocorrerá mortalidade de aproximadamente 66% da população, enquanto as sobreviventes se encarregarão de restaurar a colônia. Este comportamento é comum nos ensaios de laboratórios, quando se utilizam tóxicos de ação rápida.

5.3.2. Colônias de Campo

No Quadro 8 estão reunidos dados obtidos com a dispersão de inseticida em colônias de campo. Foi observado em dois períodos diferentes, um deles 24 horas após ter-se oferecido a isca corada, enquanto o outro foi 48 horas após.

Constatou-se uma grande diferença com relação ao ensaio de laboratório (Quadro 7), pois a porcentagem de operárias marcadas foi maior no período de 48 horas após entrarem em contato com a isca. Além disso a porcentagem da população contaminada com o corante foi menor no campo, com um máximo de 49,15% (Figura 16), que no laboratório, com um máximo de 66,5% (Figura 15). Desta forma, constata-se mais uma vez a importância das características de ação letal lenta e de ingestão que deve ter um bom formicida. Por outro lado, se for utilizado um inseticida com ação de contato, no máximo 49,15% da população morrerá, enquanto os demais sobreviventes se encarregam de recuperar a colônia. Esse comportamento é facilmente constatado em ensaios de campo utilizando inseticidas que agem por contato, onde muitas colônias sobrevivem, chegando ao ponto de devolver a isca. Por outro lado, um inseticida que age por ingestão com ação letal lenta (Sulfluramida) passa

QUADRO 8 - Número de operárias de *Atta sexdens rubropilosa* contaminadas pelo corante Rodamina B, nas diferentes categorias de tamanho, sob condições de campo, em função do tempo.

Categoria	Muito pequeno		Pequeno		Médio		Grande		Total						
	Total	CC	Total	CC	Total	CC	Total	CC	Geral	CC					
Ninho		%		%		%		%		%					
B5 (48 horas)	636	242	38,5	632	270	42,72	633	341	53,87	620	386	62,26	2521	1239	49,15
P2 (24 horas)	375	124	33,1	373	123	32,98	375	174	46,4	370	189	51,1	1493	610	40,86
Média			35,57			37,85			50,13			56,68			45,0

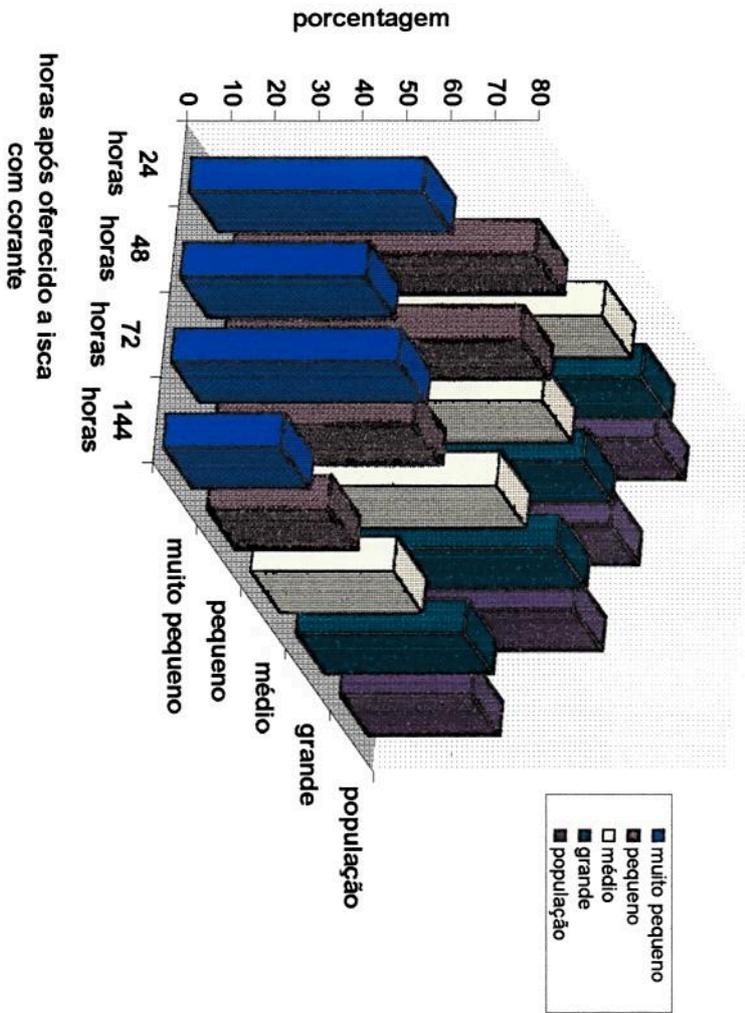


FIGURA 15 - Percentagem de operárias contaminadas com o corante Rodamina B nas diferentes categorias de tamanho em função do tempo, sob condições de laboratório. Botucatu, SP.

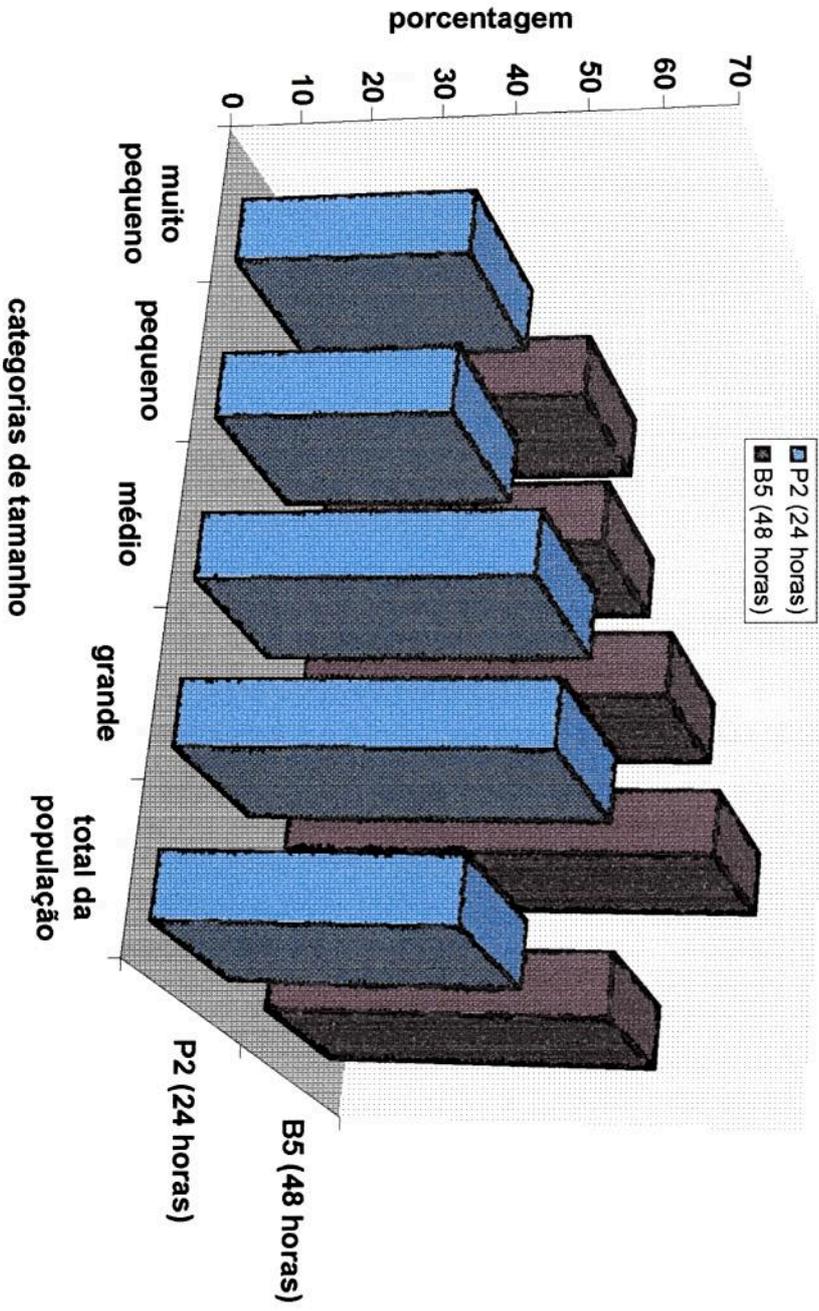


FIGURA 16 - Porcentagem de operárias contaminadas com o corante Rodamina B nas diferentes categorias de tamanho em função do tempo, sob condições de campo. Botucatu, SP.

desapercebido na colônia, contaminando e sendo letal à grande maioria das operárias. Apesar da diferença observada na dinâmica do inseticida em colônias de campo e de laboratório, pode-se constatar uma semelhança na proporção de operárias marcadas nas diferentes categorias, onde a porcentagem de operárias marcadas com corante é crescente de categoria muito pequeno até a grande, no período de 24 a 48 horas, ocorrendo pequena oscilação na porcentagem de operárias muito pequenas e pequena marcadas nas 48 horas após o contato com a isca.

5.4. Arquitetura dos túneis de forrageamento

5.4.1. Descrição

O túnel de forrageamento de *Atta sexdens rubropilosa* é formado por um emaranhado de trechos ligados, conferindo o aspecto de uma malha (Figuras 17 e 18). Apresenta muitas oscilações em relação a profundidade, largura e altura e com diferentes dimensões em função do fluxo de operárias (Quadro 9).

Este aspecto de malha também foi observado nos túneis de forrageamento de *Coptotermes acinaciformis* (GREAVES, 1962).

No ninho D a profundidade máxima foi de 74cm com um mínimo de 1cm, enquanto no ninho F esta variou de 2cm a 96cm.

A largura e a altura do túnel também são muito variáveis, sendo que em alguns trechos é necessário uma dimensão maior para comportar o fluxo de operárias que se movem em busca de recursos.

Comparando os ninhos estudados, pode-se constatar que a altura do túnel é o único parâmetro que tem um valor médio semelhante nos dois ninhos (Quadro 9). Isso possibilita acreditar, que é uma característica da espécie, provavelmente devido ao formato do substrato que elas cortam e sua posição de transporte. Pois em *Atta capiguara*, que transporta um substrato com formato e

comprimento diferentes, a altura média é de 2cm, enquanto a largura pode atingir 12cm (FORTI, comunicação pessoal).

Apesar das pequenas diferenças nas dimensões médias entre os túneis dos ninhos estudados (Quadro 9), pode-se constatar que eles são muito semelhantes, apresentando um formato elíptico e em alguns trechos circular, bastante semelhante aos túneis internos do ninho, descrito por JACOBY (1950). Possivelmente, a maior dimensão do túnel de forrageamento do ninho F em relação ao D, ocorre porque o primeiro é bem mais antigo que o segundo, apresentando conseqüentemente maior número de operárias e maior fluxo destas nos túneis.

QUADRO 9 - Dimensões do túnel de forrageamento, expressas pela largura, altura e profundidade em relação ao nível do solo, ao longo de seu percurso. Botucatu, SP

Ninho	Largura			Altura			Profundidade		
	Max.	Min.	Média	Max.	Min.	Média	Max.	Min.	Média
D	15	1,5	4,64	7,0	1,5	2,8	74	1	15,36
F	21	2,0	5,05	5,0	1,0	2,6	96	2	26,12

O túnel de forrageamento conecta-se ao ninho por três saídas distintas que se ramificam e interligam à medida que se distanciam do mesmo (Figuras 17 e 18). Nos trechos mais próximos ao ninho, o túnel é mais largo por um percurso maior, e à medida que se distanciam, tornam-se estreitos e tendem a serem mais rasos.

Essa característica de construção é justificada pelo fato de um grande número de operárias partirem do ninho, e posteriormente separarem-se em grupos menores à medida que se distanciam do mesmo, passando a utilizar alguns orifícios de forrageamento. Como constatado em *Atta capiguara* (FORTI, 1985), alguns dos orifícios de abastecimento ficam ativos por longos períodos, enquanto outros, possuem pouca atividade ou são inativos no decorrer do ano,



FIGURA 17 - Mapa dos túneis de forrageamento do ninho F de *Atta sexdens rubropilosa*, escavado em plantio de eucalipto. Botucatu, SP.

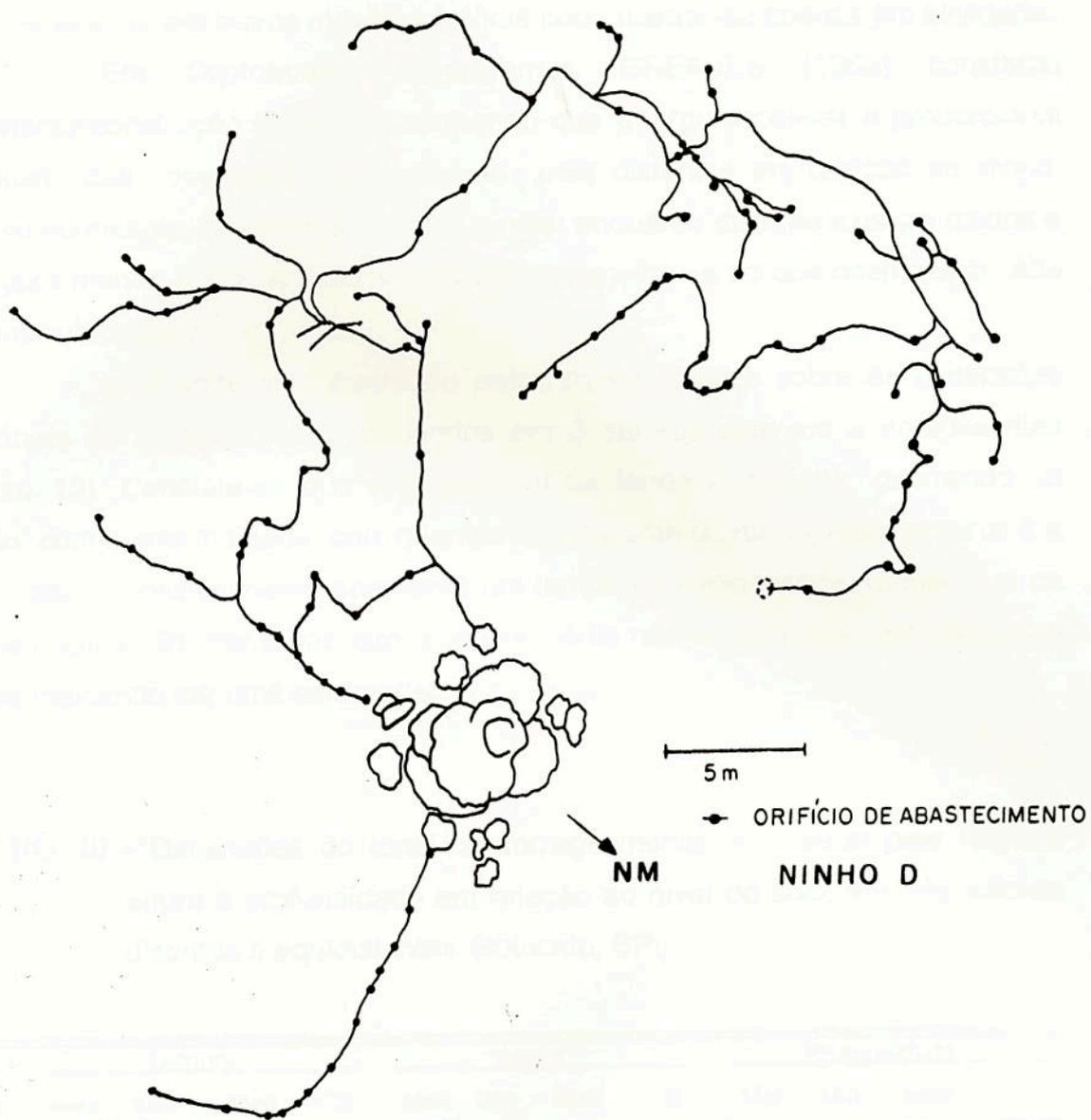


FIGURA 18 - Mapa dos túneis de forrageamento do ninho D de *Atta sexdens rubropilosa*, escavado em plantio de eucalipto. Botucatu, SP

sendo que em alguns meses do ano, o número de orifícios de abastecimento ativo chega a 10, em outros meses a colônia pode manter-se apenas em atividade.

Em *Coptotermes acinaciformis*, GREAVES (1962) constatou semelhante construção de túneis, afirmando que a largura desses é proporcional ao fluxo das operárias, determinado pela distância em relação ao ninho. Próximo ao mesmo, há poucos e largos túneis, enquanto distante existem muitos e de largura menor. Essa característica é muito semelhante ao que ocorre com *Atta sexdens rubropilosa*.

Isso pode ser observado pelos dados obtidos sobre as dimensões dos túneis de forrageamento agrupados em 3 setores distintos e equidistantes (Quadro 10). Constata-se que a largura média tende a diminuir, ocorrendo o mesmo com a profundidade, pois quanto mais distante do ninho, mais terminal é a construção, e possivelmente apresenta um tempo de permanência menor que os demais (Figura 19). Por outro lado, a altura média não oscila muito nos diferentes setores indicando ser uma característica da espécie.

QUADRO 10 - Dimensões do túnel de forrageamento, expressas pela largura, altura e profundidade em relação ao nível do solo, em três setores distintos e equidistantes. Botucatu, SP.

Ninho / Setor	Largura				Altura				Profundidade				
	Max	Min	Med	S	Max	Min	Med	S	Max	Min	Med	S	
I	7,5	3	4,65	1,13	4	2	2,86	0,8	26	4	10,45	5	
D	II	9,5	2	4,14	1,38	4	1,5	2,42	0,59	42	4	14,9	7,88
	III	15	1,5	5,11	1,96	7	1,5	3,16	1,06	74	1	20,73	15,68
F	I	19,5	2	6,64	4,39	4,5	1,5	2,8	0,77	96	8	32,92	21
	II	21	2	5,83	2,67	13	1,5	2,63	0,99	74	2	21,77	11,67
	III	13	2	4,47	1,85	5	1	2,32	0,45	73	2	20,66	12,14

Cabe ressaltar que no ninho D, as dimensões de largura e altura tendem a ser maiores no último setor, isso ocorreu porque durante a escavação pode-se constatar que alguns trechos do túnel foram construídos sobre um ninho desocupado, aproveitando construções já existentes.

Outro aspecto interessante, é que o maior percurso do túnel localiza-se em regiões mais distantes do ninho, aumentando a área de forrageamento e seu território. Essa mesma característica de construção do túnel de forrageamento foi constatada nos dois outros ninhos estudados (Figuras 20 e 21). Nos trechos amostrados, as dimensões e o formato elíptico foram semelhantes aos outros dois ninhos.

Quando uma sociedade animal, como uma colônia de *Atta*, usa exclusivamente uma área e defende-a de competidores, essa superfície recebe o nome de território de forrageamento (HOLLDÖBLER, 1974).

Os marcadores químicos são importantes na demarcação de território em *Atta laevigata* (SALZEMANN e JAFFÉ, 1990a; SALZEMANN *et al.*, 1992).

As trilhas de forrageamento também podem servir como marcadores de território, promovendo um meio de recrutamento massivo de operárias para proteger a integridade dos recursos da colônia dos competidores (FOWLER e STILES, 1980). No entanto, deve-se considerar que são provisórias e realocadas em função do tempo, como constatado em *Atta capiguara* (FORTI, 1985).

Neste contexto, os túneis de forrageamento são fundamentais pois é através deles que a colônia impõe e fixa seu território, uma vez que a construção é lenta, dispendendo grande esforço energético, mas duradouras.

A construção do túnel de forrageamento de dois ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* é realizada em áreas de forrageamento distintas (Figura 22). Esta disposição da área de construção do túnel de forrageamento de um ninho, limitado pelo de outro vizinho, possibilita a cada um deles explorar os recursos vegetais de uma região, determinando seu território permanente.

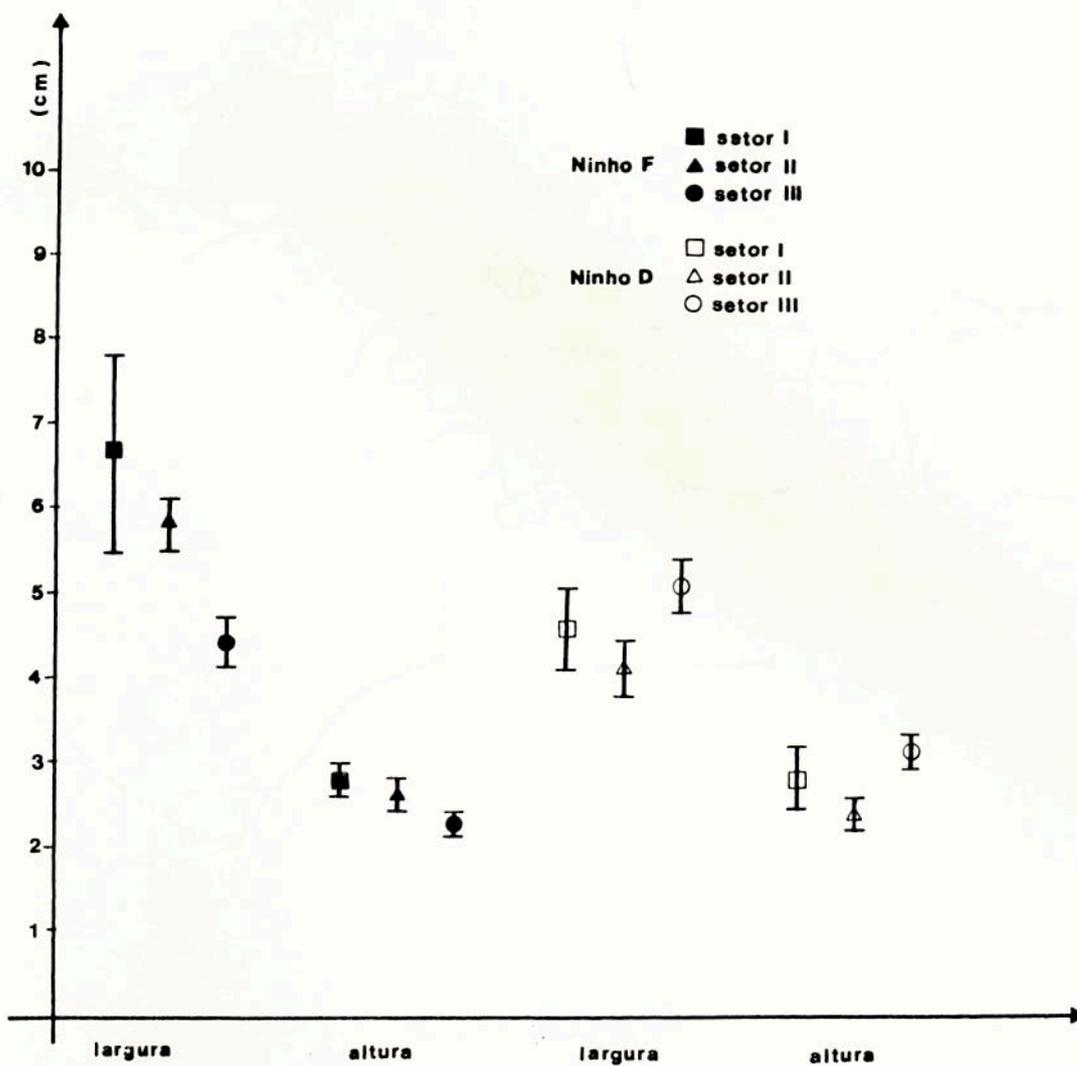


FIGURA 19 - Dimensões dos túneis de forrageamento dos ninhos D e F em três setores distintos, considerando os parâmetros altura e largura. Botucatu, SP.

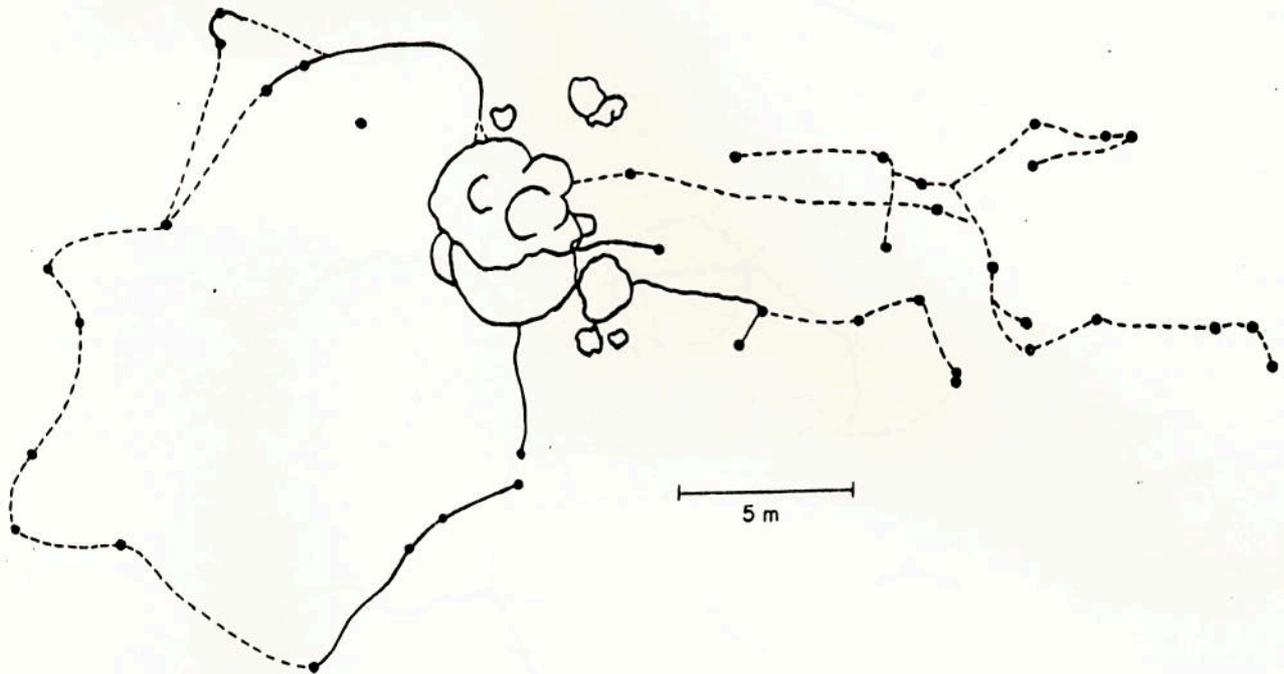


FIGURA 20 - Mapa dos túneis de forrageamento do ninho P2 de *Atta sexdens rubropilosa* em plantio de eucalipto, destacando a linha cheia que representa os trechos amostrados e a tracejada o provável trajeto do túnel. Botucatu, SP.

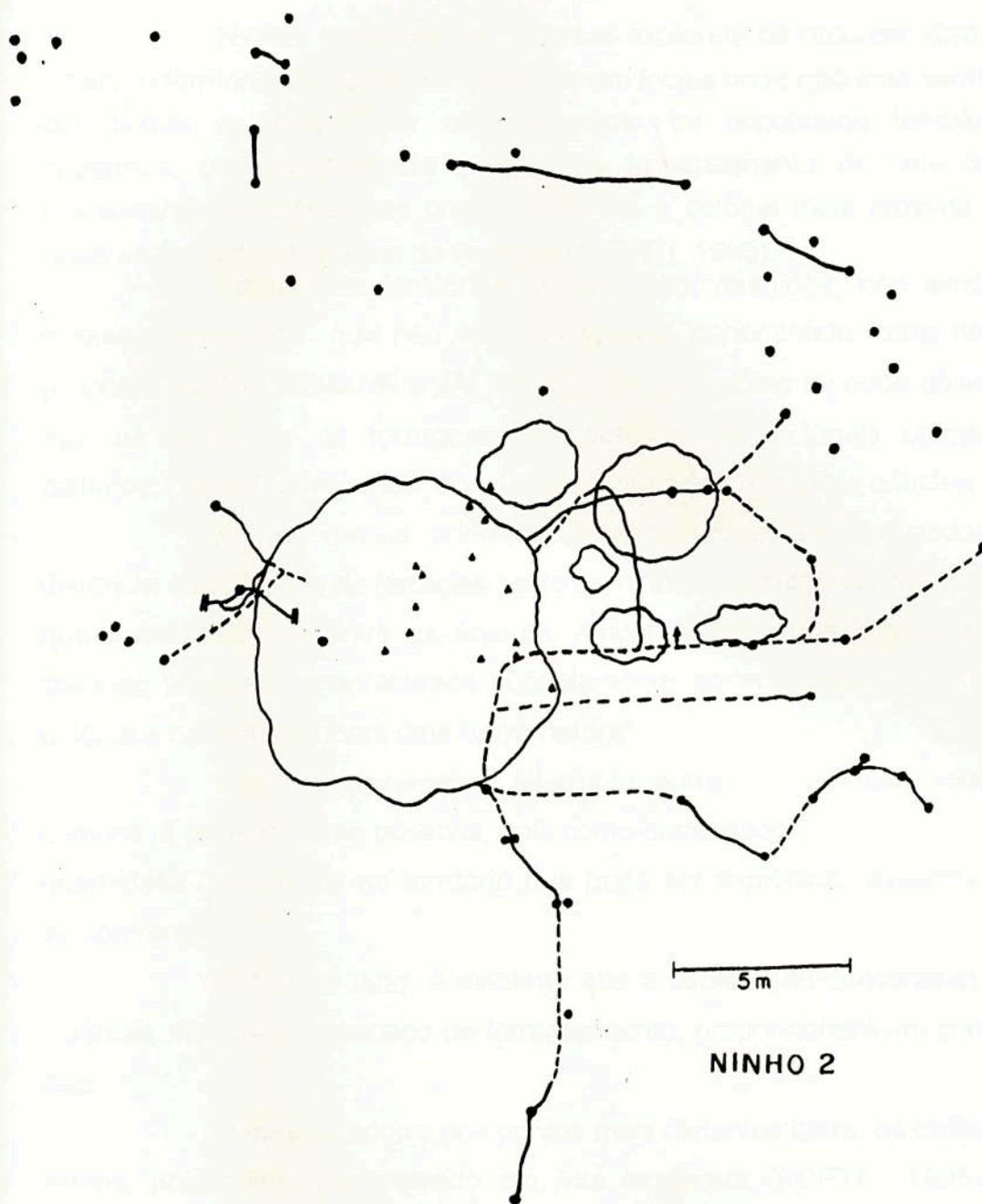


FIGURA 21 - Mapa dos túneis de forrageamento do ninho N2, de *Atta sexdens rubropilosa*, em plantio de eucalipto, destacando a linha cheia que representa os trechos amostrados e a tracejada o provável trajeto do túnel. Botucatu, SP.

Nestes territórios, as colônias exploram os recursos disponíveis sem invadir o território de outras, forrageando em locais onde não está sendo explorado por outras colônias. Este comportamento foi constatado também em *Atta capiguara*, onde a distância máxima de forrageamento de uma colônia, está intimamente correlacionada com a distância à colônia mais próxima, na direção onde está orientada a trilha de forragem (FORTI, 1985).

Embora os territórios estejam bem definidos, não existe nenhuma fronteira entre eles que não seja forrageada, denominada "terra neutra", como proposto por SALZEMANN e JAFFÉ (1990b), pois como se pode observar (Figura 22), os territórios de forrageamento definidos pelos túneis ocupam espaços distintos, não se sobrepondo, com uma quantidade enorme de orifícios.

Alguns destes orifícios, do ninho F, estão localizados a 2m de distância dos orifícios de forrageamento do ninho D, sendo esta distância menor do que o espaçamento entre as árvores. Assim sendo, nada impede que as duas colônias forrageiem os recursos supostamente pertencentes à uma determinada colônia e nem mantenham uma "terra neutra".

Esse forrageamento alternado entre as colônias, sobre recursos comuns, é perfeitamente possível, pois como comentado anteriormente, há grande quantidade de orifícios no território que pode ser explorado, evitando o desgaste do confronto.

Por outro lado, é evidente que a exploração concomitante das duas colônias, num mesmo espaço de forrageamento, proporcionará um confronto entre elas.

O mesmo ocorre nos pontos mais distantes entre, os orifícios dos dois ninhos, pois como demonstrado em *Atta capiguara* (FORTI, 1985), o uso de poucos orifícios ao longo do tempo possibilita, em grande parte, que os distintos ninhos explorem a vegetação que supostamente é o limite de seu território.

O comportamento forrageiro é determinado quando a colônia necessita de alimento, assim algo é maximizado ou minimizado, proporcionando uma condição denominada forrageamento ótimo, o qual ocorrerá quando houver uma abundância de plantas palatáveis e não simplesmente pela abundância de qualquer planta (PYKE *et al.*, 1977).

No forrageamento ótimo, itens maiores ou com maior valor energético, devem ter preferência, pois a colônia tem que maximizar a entrada de energia por intervalo de tempo mediante a atividade das forrageiras (FOWLER et al., 1991).

Qualquer animal depende de uma dieta ótima, tanto em qualidade como em quantidade, para sua sobrevivência, adotando determinadas estratégias para coletar forragem de tal maneira que maximize o ganho líquido de substâncias vitais através do alimento e minimizem os riscos de manutenção da sua vida (HASSEL e SOUTHWOOD, 1978).

A observação do comportamento forrageiro da saúva *Atta cephalotes* na Guiana, levou CHERRETT (1968) a postular que estes insetos adotam um sistema forrageiro conservacionista para preservar, da superexploração, a vegetação situada ao redor das colônias. Estes fatos foram reafirmados por ROCKWOOD (1976).

No entanto, FOWLER e STILES (1980) perceberam que as formigas cortadeiras que viviam em habitats mais homogêneos não apresentavam um manejo conservacionista dos recursos vegetais, mas forrageavam em função da granulação do ambiente, devido às diferenças qualitativas e quantitativas existentes nas manchas de vegetação.

Já AUTUORI (1942) considerou que o número de canais construído por *Atta sexdens rubropilosa*, teve relação com a distribuição dos vegetais aproveitáveis para o cultivo do fungo.

O território de forrageamento de *Atta sexdens rubropilosa*, definido pelos túneis, alcança um raio de 25m para o ninho D e 45m para o ninho F, sendo que a maior quantidade de orifícios e maior extensão dos túneis estão localizados na extremidade do território, proporcionando maior área de forrageamento e maior densidade de orifícios (Figura 22).

Este comportamento em *Atta sexdens rubropilosa* explica as observações constatadas por CHERRETT (1968), ROCKWOOD (1976,1978) e REED e CHERRETT (1990) em formigas cortadeiras, onde o fato delas cortarem

plantas em áreas mais distantes ao ninho, preservando as plantas mais próximas, deve-se à esta disposição dos orifícios e não à um manejo conservacionista.

Esta afirmativa fundamenta-se em primeiro lugar, no fato de que ninhos novos cortam plantas bem próximos ao murundum, e até mesmo aqueles que se localizam sobre este. Em segundo lugar, no fato de que as colônias expandem seu território de forrageamento à medida que crescem, proporcionando um forrageamento mais distante do murundum, devido à maior densidade de orifícios, como constatado neste trabalho.

Portanto não há evidências de que ocorra um manejo conservacionista dos recursos vegetais por *Atta*, concordando com FOWLER e STILES (1980) e SHEPHERD (1982).

Além disso, o comportamento forrageiro é semelhante tanto na mata nativa, como em área de eucalipto, onde há homogeneidade dos recursos alimentares. Este comportamento semelhante foi constatado pelo sincronismo de bifurcação das trilhas e seu comprimento similar nos dois ambientes (GARCIA, comunicação pessoal).

A estratégia de forrageamento de *Atta sexdens rubropilosa* é definida pelos túneis de forrageamento, com grande quantidade de orifícios em pontos mais distantes do centro do ninho. Estes são utilizados na quantidade de dois a três com maior frequência, por onde as operárias caminham até encontrar uma vegetação palatável, onde iniciam o corte realizado por algumas, enquanto outras, no solo, recortam e transportam (FORTI *et al.*, 1984).

Este processo serve para aumentar a velocidade de forrageamento de novos recursos alimentares e a eficiência na exploração dos recursos já estabelecidos, além de representar ganho energético evitando que as operárias subam e desçam de uma árvore muitas vezes (HUBBELL *et al.*, 1980).

Posteriormente elas encerram sua atividade de corte pelo fato das manchas de recursos não serem mais palatáveis, como observado em outras espécies de formigas cortadeiras (HOWARD, 1990; KNAPP *et al.*, 1990; VASCONCELOS e FOWLER, 1990).

Essa diminuição na palatabilidade ou não aceitação do recurso pela operária parece ser devido à presença de compostos químicos secundários, que

tornam as plantas pouco atrativas, principalmente os terpenóides (HUBELL *et al.*, 1983; HOWARD *et al.*, 1989; HOWARD, 1987), que podem apresentar um efeito inibitório no desenvolvimento do fungo (ORIAN, 1991). Dessa forma utilizam outro orifício de forrageamento onde, na procura por uma fonte palatável de recurso, realizará seu forrageamento. Neste intervalo de tempo, as plantas desfolhadas tornam-se a recuperar, servindo como novas fontes alimentares.

AUTUORI (1942) observou que áreas exploradas, tanto pelas saúvas quanto por algum outro fator, não fornecendo recursos apreciáveis, eram temporariamente abandonadas, enquanto outras, mais rentosas, passavam a ser preferidas pelas formigas.

Evidentemente que podem ocorrer grandes desfolhas nas árvores, levando-as à morte, mas isso ocorre quando as operárias não encontram fontes palatáveis de alimento, realizando o corte em outras folhas, como observado por ROCKWOOD (1975).

Desta forma, colônias de *Atta sexdens rubropilosa* constroem seus túneis como estratégia para delimitar seu território, sendo esta delimitação imposta por um competidor e não pela preferência em recursos. Assim sendo, uma vez definido o território provisório, as operárias exploram os recursos disponíveis da maneira mais adequada a fornecer substrato ao desenvolvimento do fungo, tendo a oportunidade de escolher os recursos, quando houver opção, em seu território.

Com o desenvolvimento da colônia, é necessário aumentar o território para suprir suas necessidades. Assim este tende a expandir-se através da construção dos túneis com os orifícios de forrageamento.

Desta forma, com o tempo os canais formam uma rede subterrânea que abrange uma grande área, possibilitando às formigas forragearem sem a necessidade de abrirem mais canais (AUTUORI, 1942).

A abertura de vários orifícios em distintos locais do território, no mesmo túnel de forrageamento, pode ocorrer em função de algum estímulo químico atrativo dos recursos alimentares quando há uma vegetação diversificada, ou ao acaso quando a vegetação é homogênea.

As operárias "escoteiras" podem sair em muito mais de três orifícios para procurar os recursos, mas em dois ou três isto ocorre com sucesso, podendo ser determinado pela rapidez das "escoteiras", ou mesmo pela palatabilidade do recurso encontrado. Como consequência, outras operárias são recrutadas a iniciarem o corte.

VILELA e HOWSE (1986) afirmam que o território de formigas cortadeiras pode ser pensado como uma área vizinha ao ninho. Em *Atta sexdens rubropilosa*, o território de forrageamento ocupa uma porcentagem de área próximo ao ninho (Figura 22), sendo que em *Atta capiguara*, existe uma orientação linear (FORTI, 1985).

A grande quantidade de orifícios, 120 e 214 para os ninhos D e F respectivamente (Figura 22), presente no território de forrageamento, auxilia no abastecimento da colônia, aumentando a superfície de exploração vegetal para suportar o aumento populacional da mesma. Além disso, defende seu território de competidores, por deixar as construções arquitetônicas dos túneis fixas.

O mesmo foi constatado em colônias de *Atta capiguara*, com relação à construção de trilhas, onde além destas expandirem seu território com numerosas trilhas curtas, minimizam o gasto energético para coletar substrato e defendem seu território por deixar estes marcadores físicos de curta duração (FORTI, 1985).

O território de *Atta sexdens rubropilosa* apresenta um formato definido, assim como o de *Atta capiguara* observado por FORTI (1985). Este formato, pode ser constatado na Figura 22, onde colônias apresentam uma construção de túneis incorporando uma determinada área, semelhante a malhas de uma rede.

Assim, as operárias acrescentam um território maior, abrindo orifícios à curta distância, que não alcançam mais de 1,5m entre si, possibilitando que mais uma porção de território seja incorporado. Com isso, a colônia aumenta seu território eliminando competidores mais fracos, até ser limitado por outro de mesma ou maior grandeza.

Segundo FORTI (1985), a abertura de novos orifícios de forrageamento, são apenas variações do mesmo túnel de forrageamento, sendo improvável a ocorrência de mudanças depois de construído. O mesmo é constatado em *Atta sexdens rubropilosa* (Figura 17 e 18), onde após sua construção, a colônia apenas acrescenta mais área ao mesmo, mantendo sua orientação.

Os túneis de forrageamento com grande quantidade de orifícios apresentam uma vantagem em termos de estratégia de forrageamento, pois como foi comentado anteriormente, as folhas são cortadas por algumas operárias enquanto outras recortam no chão levando-as ao ninho (FORTI *et al.*, 1984).

No entanto, durante o corte, muitas folhas cortadas caem a distâncias consideravelmente grandes, mas mesmo assim serão utilizadas, pois permanecem à disposição das operárias no território próximo a um dos inúmeros orifícios de abastecimento.

Certamente é por este motivo que não se encontram trilhas longas nos meses mais frios do ano, como constatado por FOWLER e ROBINSON (1979). Além disso, na época de inverno há maior coleta de forragem para desenvolvimento das formas aladas da colônia, sendo inviável sob o ponto de vista do retorno energético construir trilhas longas, uma vez que há grande quantidade de recurso disponível próximo aos orifícios.

Já *Atta capiguara* apresenta uma estratégia de forrageamento bem diferente, construindo trilhas longas para maximizar seu trabalho (FORTI, 1985).

No entanto, em algumas épocas, observam-se trilhas longas de *Atta sexdens* (FOWLER e ROBINSON, 1979), o que provavelmente deve-se à busca de novas fontes alimentares e expansão de território. Pois, segundo SHEPHERD (1982), os recursos vegetais são especialmente previsíveis por períodos de tempo maiores que a duração de vida de uma operária e as trilhas tronco têm um significado bastante importante na integração da atividade forrageira da colônia e a disponibilidade dos recursos vegetais.

Em *Atta capiguara* a flutuação da atividade forrageira, bem como a alternância de utilização de vários orifícios de abastecimento mostram uma

evidente variação de locais explorados pelas formigas no decorrer do tempo, provocando variações de tamanho e localização de territórios de forragens (FORTI, 1985).

Todavia, em *Atta sexdens rubropilosa*, o território de forrageamento definido pelos túneis, não sofre grandes flutuações com a utilização dos orifícios de abastecimento.

Para maximizar a taxa de ganho energético as formigas devem sempre escolher a presa de maior conteúdo energético em termos de custos e benefícios. Vários fatores influem na razão custo / benefício, sendo os principais, o tempo para fazer uma viagem do ninho até a fonte alimentar e depois retornar (FOWLER *et al.*, 1991).

Além disso, as operárias têm uma estratégia denominada de forrageamento ótimo de recursos complementares, cuja hipótese é a coleta de grande quantidade de recursos sem seletividade, quando não há como selecionar, entretanto, tem a maximização energética quando recursos complementares são oferecidos (RAPPORT, 1980).

Desta forma, é justificável que *Atta sexdens rubropilosa* construa seus túneis de forrageamento com grande quantidade de orifícios (Figuras 17 e 18), pois assim elas coletam grande quantidade de recursos que suprem as necessidades nutritivas do fungo.

Em *Atta capiguara* o território é definido pela construção de trilhas longas com grande movimento de operárias envolvidas no forrageamento (FORTI, 1985). A construção de trilhas longas pode explicar a procura de uma fonte complementar de nutrientes (RAPPORT, 1980).

Já *Atta sexdens rubropilosa* é uma espécie de formiga cortadeira que expõe as operárias por um tempo reduzido ao forrageamento (FOWLER e ROBINSON 1979), pois devido a sua estratégia de forrageamento composta por três grupos distintos de atividade (FORTI *et al.*, 1984), há um grande corte de folhas que são levadas imediatamente aos túneis e dentro destes há muitas

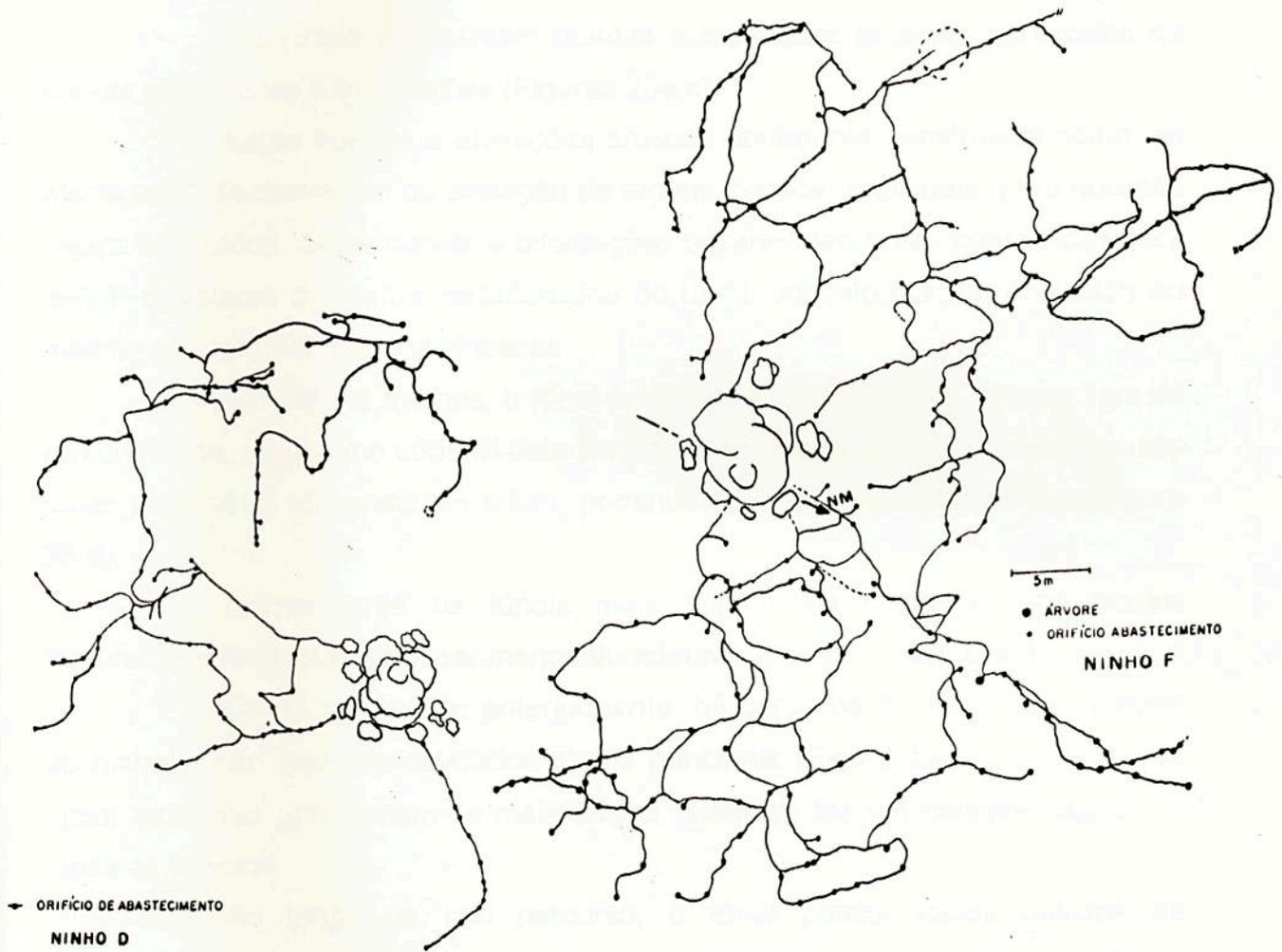


FIGURA 22 - Mapa dos túneis de forrageamento dos ninhos D e F, destacando as respectivas áreas de forrageamento. Botucatu, SP.

operárias responsáveis por transportar o substrato ao ninho, semelhante à atividade de operárias nas trilhas de forrageamento em *Atta capiguara*.

Esse comportamento incorre em mais um fator determinante do sucesso de forrageamento de *Atta sexdens rubropilosa*, utilizando um emaranhado de túneis, ao invés de trilhas na superfície do solo.

Os túneis apresentam quedas e elevações bruscas, acrescidos de curvas acentuadas e bifurcações (Figuras 23a,c).

Estas quedas e elevações bruscas podem ser construídas como um mecanismo de drenagem ou proteção de alguns trechos principais, para que não sejam destruídos. Já as curvas e bifurcações possivelmente são construídas para definir o sistema de malha característico do túnel, imposto por um obstáculo ou mesmo por características intrínsecas.

Em alguns trechos, o túnel pode ser superficial, com apenas 1cm de profundidade, ou mesmo coberto pela serrapilheira (Figura 23 b). Já os outros são muito profundos, atingindo até 96cm, podendo ou não apresentar curvas (Figura 23 d).

Normalmente os túneis mais superficiais constituem os pontos terminais da rede, podendo ser menos duradouros e de fácil manutenção.

Como comentado anteriormente, há cerca de 3 túneis que partem do ninho e são aqui denominados túneis principais (Figura 23 e), pois em sua maior extensão apresentam-se mais largos, além de ter um caminho comum a todos os orifícios.

Ao longo do seu percurso, o túnel possui vários orifícios de forrageamento, localizados a cada 1 ou 2 metros de distância. Estes orifícios apresentam formato elíptico ou arredondado com diferentes formas de conexão ao túnel, sendo em alguns casos apenas uma abertura direta do mesmo, ou conectado à esse por um prolongamento que pode alcançar 20cm ou mais de comprimento (Figura 23 f).

A quantidade de orifícios é grande, com um número de 120 num raio de 27,5m para o ninho D, com área de terra solta de 72,2m² e de 214 num raio de

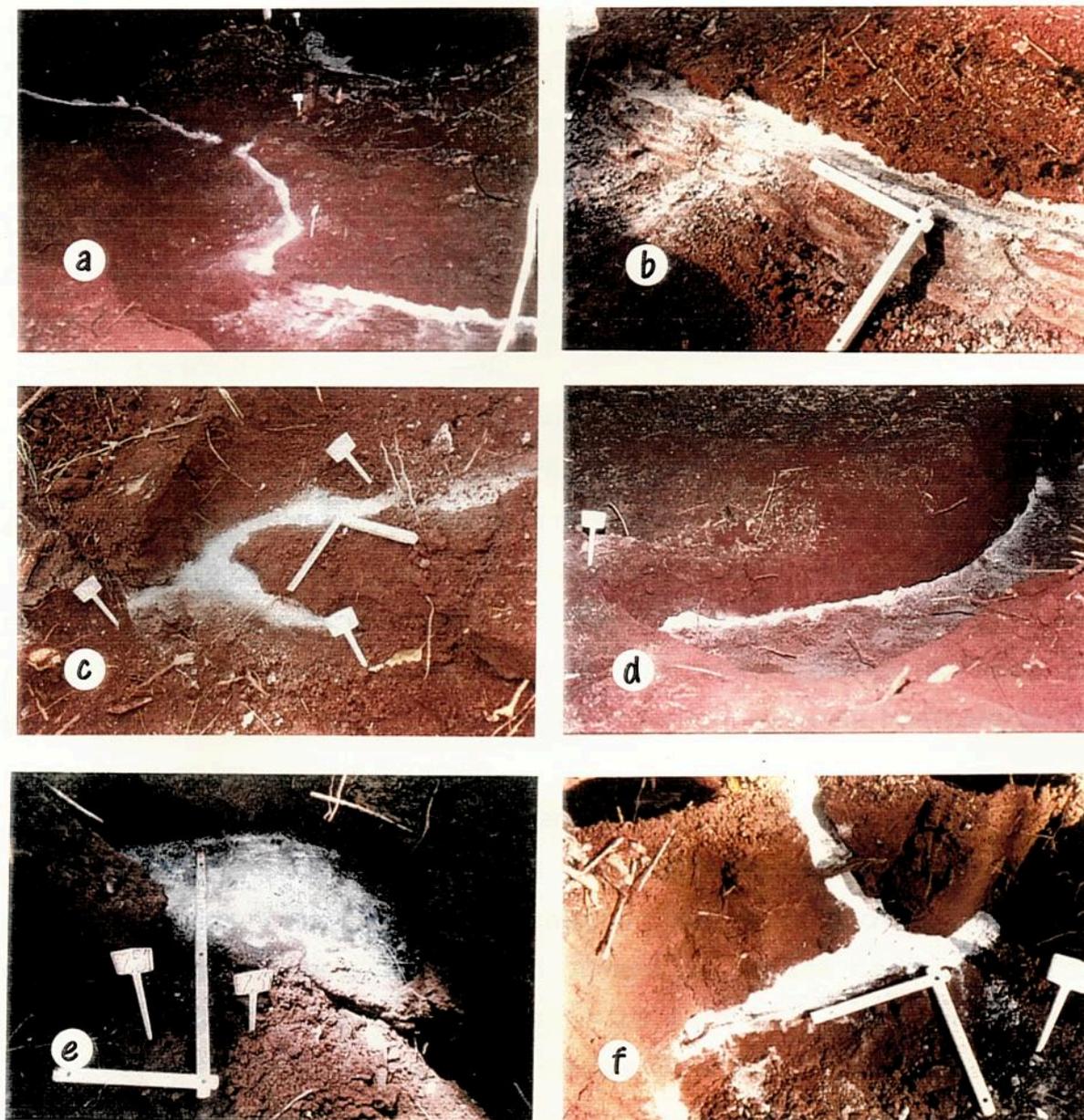


FIGURA 23 - Vista de alguns trechos dos túneis de forrageamento de *Atta sexdens rubropilosa*, com detalhes de suas curvas acentuadas (a); pequena profundidade (b); bifurcação (c); grande profundidade (d); túnel principal (e); e uma das formas de conexão do túnel com o orifício de abastecimento (f). Botucatu, SP.

47m para o ninho F com área de 102,48m², proporcionando uma densidade de 1 orifício/ 20m² e 1 orifício/ 100m², respectivamente.

As áreas dos territórios de forragem das colônias de *Atta sexdens rubropilosa* definidas pelos túneis de forrageamento são de 2.375,6m² e 16.375,09m² para os ninhos D e F. Estas são maiores que os territórios de *Atta capiguara* com 288 a 2.352m² (FORTI, 1985) e *Atta sexdens rubropilosa* com 6.675m² (FOWLER e ROBINSON, 1979) e 3.225m² (FORTI e PEREIRA-DA-SILVA, 1979). Deve-se considerar que neste estudo a área foi determinada somente pela projeção dos túneis de forrageamento.

Já em *Reticulitermes flavipes* (Isoptera), os túneis estendem-se por 79m em áreas de 266m² e 1.091m² (GRACE *et al.*, 1989). E em *Coptotermes acinaciformis*, estendem-se por uma área de 1.618m² (GREAVES, 1962).

Em *Atta capiguara*, há uma relação positiva entre o número de orifícios de abastecimento e área de forragem (FORTI, 1985). Já em *Atta sexdens rubropilosa*, esta relação pode também ser útil, pois analisando a Figura 22, percebe-se que o aumento no número de orifícios implica na incorporação de novas áreas no território de forragem.

Conforme a colônia se desenvolve, a área de forrageamento tende a aumentar pois a população necessita de alimento, e desta forma, o número de orifícios também aumenta. Esta correlação pode ser comprovada quando se compara a área de terra solta com o número de orifícios de abastecimento, proporcionando uma equação linear com $r^2 = 0,974$ ($p < 0,05$). Desta forma, quanto maior a área de terra solta, maior o número de orifícios de forrageamento e maior a área de forrageamento.

Sob o ponto de vista do controle, o conhecimento dos túneis de forrageamento e a distribuição de seus orifícios, contribuem enormemente na otimização quando se emprega a isca tóxica.

Analisando os dados da Figura 22, constata-se que todos orifícios de abastecimento estão interligados e, através dos túneis, têm comunicação com o ninho. Desta forma, quando o controle de *Atta sexdens rubropilosa* for realizado,

utilizando isca tóxica, pode-se aplicar a isca em um ou dois orifícios bem ativos, pois ela será carregada para o ninho com a mesma segurança no uso de mais orifícios de abastecimento.

Isso possibilita que a pessoa responsável pela aplicação da isca percorra uma área maior no mesmo tempo, otimizando o controle e reduzindo os custos de aplicação, pois não há necessidade do mesmo rodear o ninho procurando vários orifícios de abastecimento para aplicar a isca.

5.4.2. Geoestatística

Na Figura 24 pode-se observar o semivariograma de densidade dos orifícios de forrageamento dos ninhos estudados, e constatar que os mesmos satisfazem uma das hipóteses para aplicação da geoestatística, pois apresenta uma estacionaridade.

Desta forma, o modelo matemático para os semivariogramas foi adequado (Figura 25), sendo diferente para os ninhos estudados. O ninho F apresenta uma tendência a ajustar-se ao modelo exponencial, enquanto o ninho D ajusta-se ao modelo esférico, o que significa que as expressões de sua dependência espacial são diferentes. Ambos os semivariogramas aproximam-se do ideal para a geoestatística, pois apresentam um patamar bem definido.

O ninho D tem uma área de terra solta bem menor que o ninho F, apresentando, além disso, um número menor de orifícios de forrageamento, distribuídos num raio de alcance menor, dando indícios de ninhos com diferentes idades. É provável que estas diferenças de idade justifiquem os diferentes ajustes aos modelos matemáticos.

Neste aspecto, deve-se observar que o ninho F apresenta um aumento progressivo na densidade à medida que se distancia do centro do ninho, tendendo à uma estabilização mais no final do raio de exposição, provavelmente limitado pela ação competitiva de outra colônia (Figura 25a). Já no ninho D, a densidade cresce rapidamente nos primeiros metros do raio de ação, tendendo à uma estabilização à partir de 10m até 25m (Figura 25b). Isso provavelmente deve-

se à sua idade, pois certamente, à medida que se desenvolver mais, aumentará a densidade de orifícios alcançando uma curva semelhante a do ninho F.

Como a distribuição dos orifícios satisfaz a hipótese intrínseca, foi possível interpolar valores sem tendências através da análise Krigeagem, obtendo os mapas de isolinhas de distribuição espacial dos orifícios de ambos os ninhos (Figuras 26 e 27). Desta forma, em ambos os casos, numa esfera com raio de 24m e 10m respectivamente (ninho F e D), a densidade de orifícios de forrageamento será maior.

5.4.3. Análise associativa

Não foi possível constatar a relação associativa entre a abertura do orifício de forrageamento e a planta alvo, pois os dados relativos aos dois ninhos estudados não possibilitaram a aplicação do cálculo do coeficiente de correlação. O valor calculado do χ^2 dos dois ninhos ($\chi^2 = 3,58$ e $\chi^2 = 0,208$, respectivamente para os ninhos D e F), foram menores que o valor obtido em tabela com 1 grau de liberdade, a nível de 5% de probabilidade (valor tabelado para $\chi^2_{1; 0,005} = 3,84$).

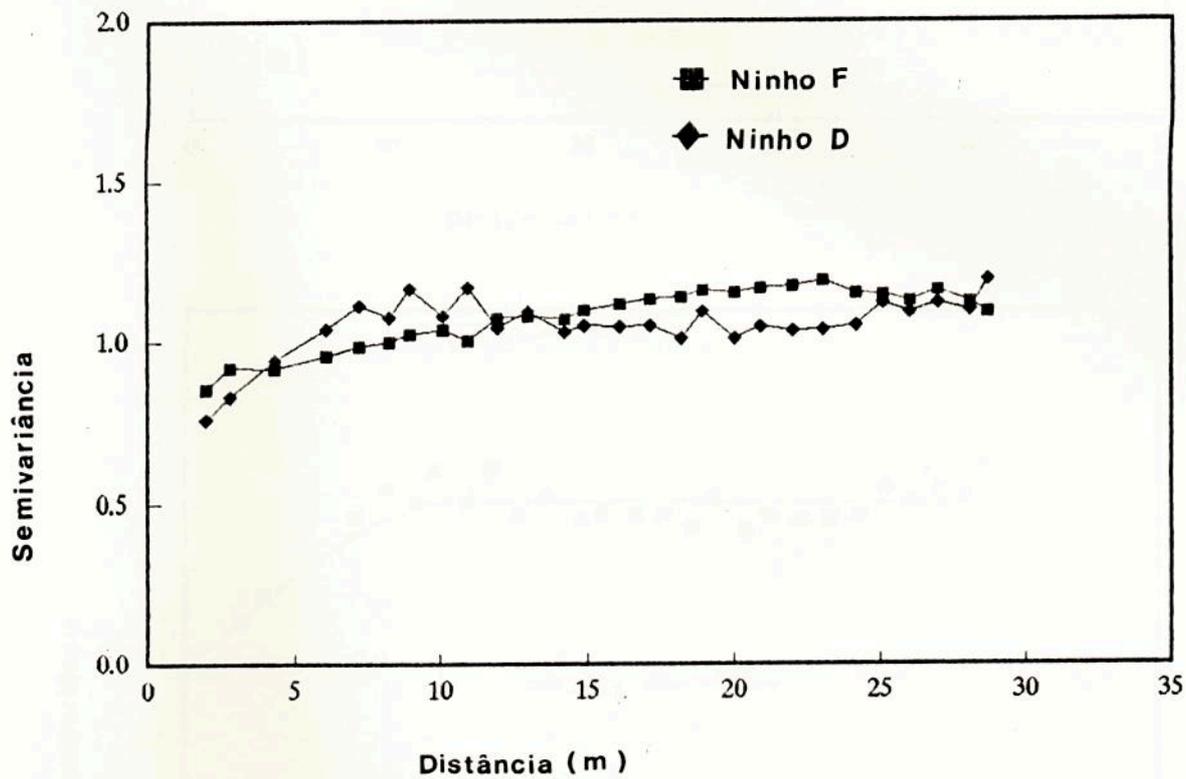


FIGURA 24 - Semivariograma da distribuição dos orifícios de forrageamento dos ninhos D e F. Botucatu, SP.

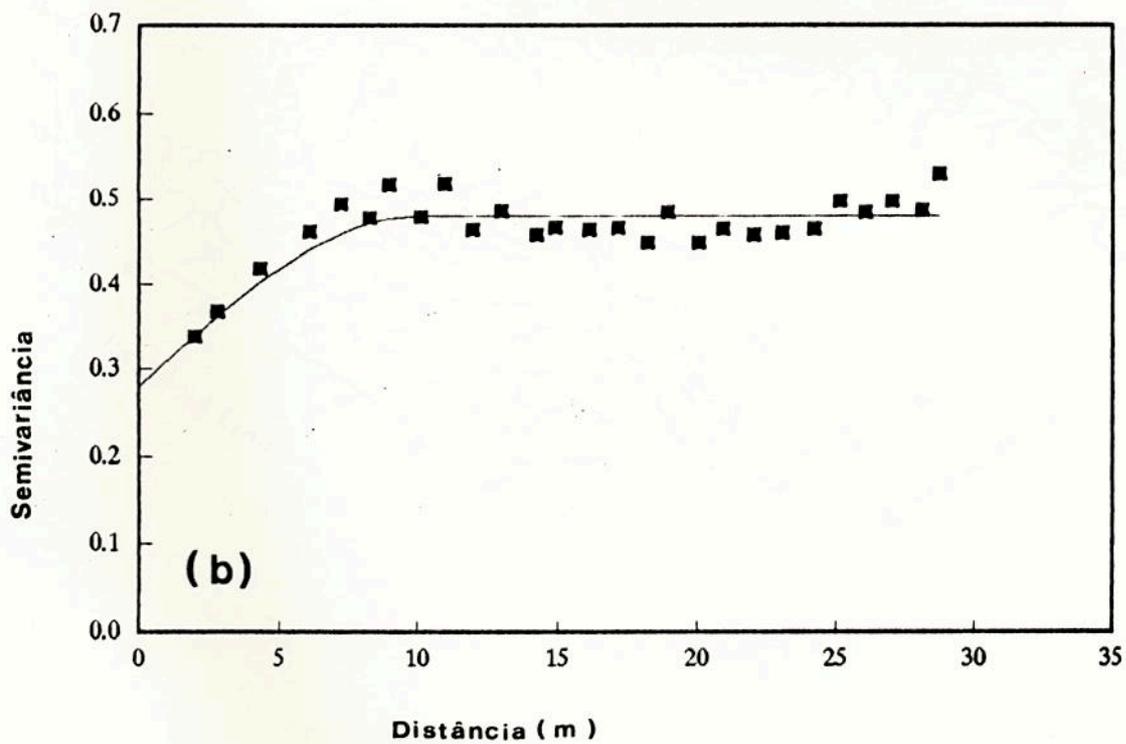
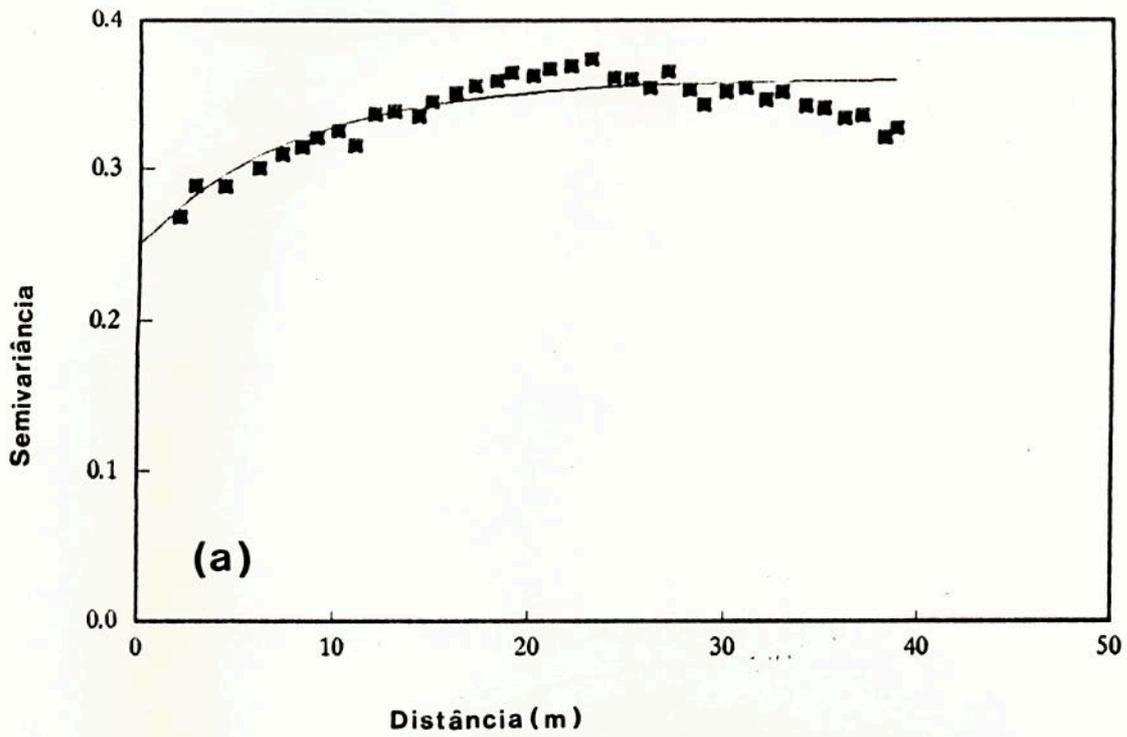


FIGURA 25 - Semivariograma do ninho F com modelo exponencial ajustado (a); e semivariograma do ninho D com modelo esférico ajustado (b). Botucatu, SP.

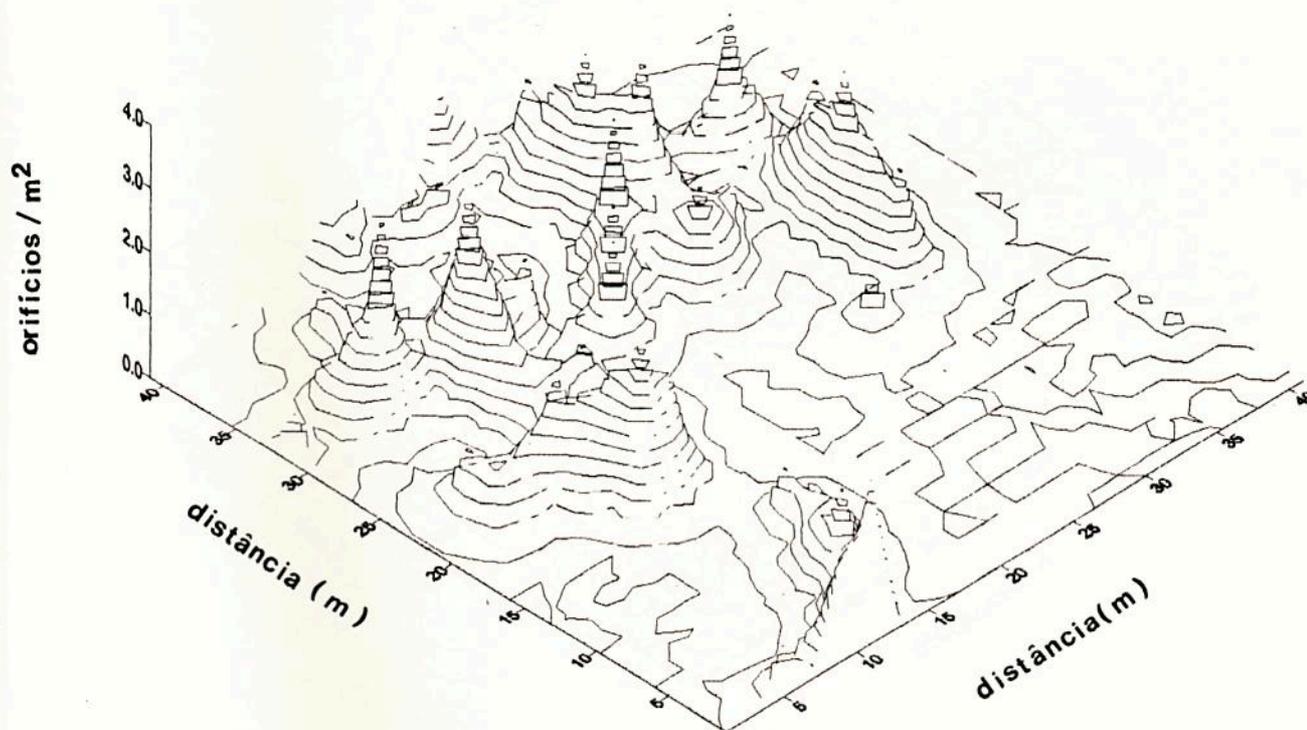


FIGURA 26 - Mapa de isolinhas, demonstrando a distribuição geográfica dos orifícios de abastecimento do ninho D. Botucatu, SP.

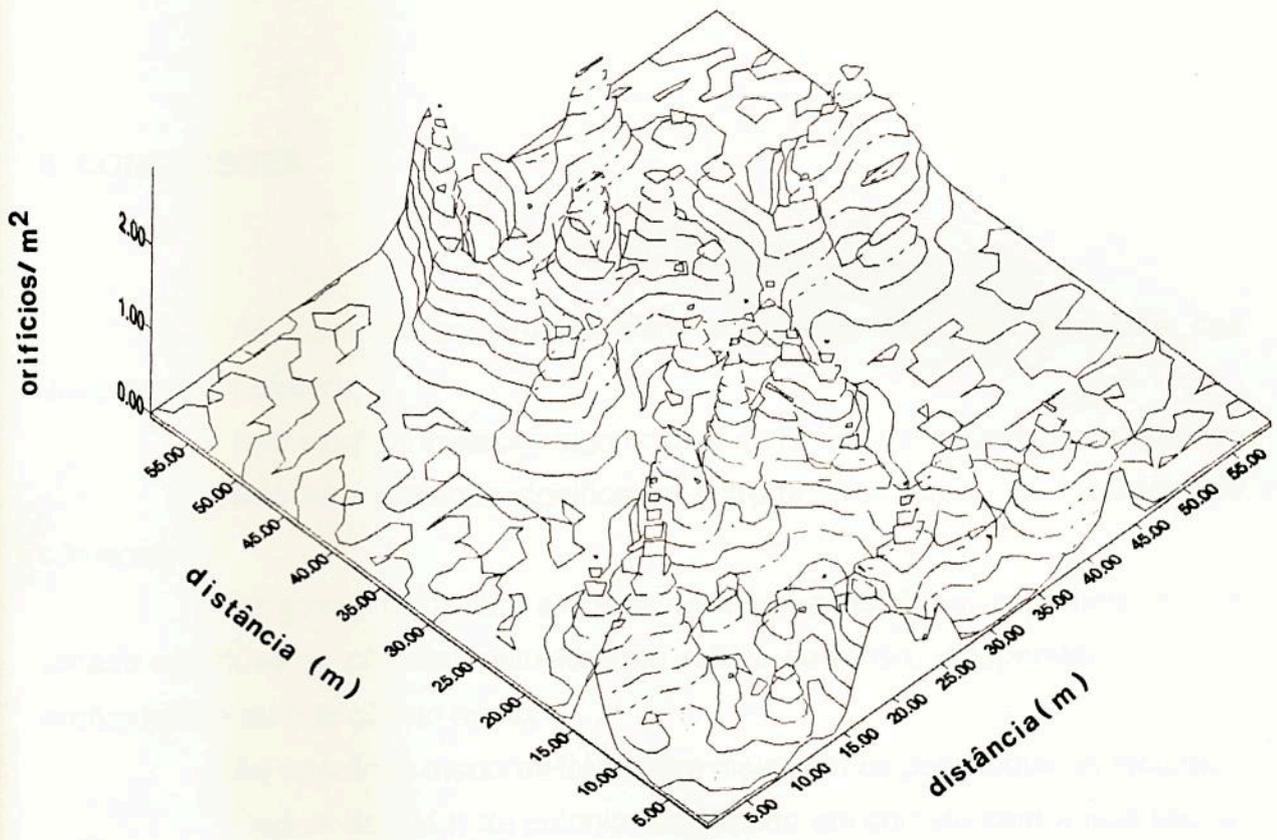


FIGURA 27 - Mapa de isolinhas, demonstrando a distribuição geográfica dos orifícios de abastecimento do ninho F. Botucatu, SP.

6. CONCLUSÕES

As câmaras construídas para armazenar lixo são diferentes das descritas na literatura;

Não existe correlação significativa entre área e volume de terra solta;

Não há correlação significativa entre área de terra solta e número de câmaras;

As operárias de *Atta sexdens rubropilosa* distribuem os pellets de isca corada em todas as câmaras utilizadas no cultivo do fungo, independente de sua profundidade ou posição no ninho;

As operárias menores trabalham mais com os pellets que as maiores;

Depois de 24 h da colônia ter entrado em contato com a isca tóxica, ocorre contaminação em 60% da população em condições de laboratório e 40,85% em condições de campo;

Todos os orifícios de forrageamento estão interligados pelos túneis de forrageamento;

O túnel é ramificado, constituindo-se em malhas complexas com até 214 orifícios;

Não existe associação entre a abertura de orifícios de forrageamento e a presença das plantas alvo;

Os ninhos apresentam as redes de túneis variando espacialmente de maneira diferente.

7. SUMMARY

Because of the great importance of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1980 (Hymenoptera-Formicidae) as an agricultural and forest pest, it has been studied some aspects of the ecology and its control.

This insect cuts dicotyledon, causing great damage, mainly on reforestation areas, being necessary to know more about its strategy of foraging and control in order to better understand its relation with the environment and to adopt more adequate control strategies.

This leaf-cutting ant builds its nest with big dimensions, showing a great quantity of chambers that are utilized for fungus culture and to store garbage. The first one has a semiellipsoid shape with peripheric depression and two holes of communication next to the base. Now, the garbage chambers are deformed, with extensions similar to arms, placed bellow and a little bit away from the projection of the hill of released earth. The characteristics are peculiar to this kind of leaf-cutting ant.

The hill of released earth wich is considered as a parameter to estimate the nest age and to calculate the dosage of some chemical products, has no significant correlation to the inner colony structure. When the released earth area was compared with its volume, it was verified that there is no significant correlation, showing that the age determination of the colony, utilizing the released

earth area, it is not the most appropriated one. As it was verified, nests with the same released earth area may show discrepancies concerning the volume of the a released earth, which is proceeding in its majority, from the excavation of foraging tunnels. In this way, to determine the age of the colony with the released earth area as a parameter can lead to errors.

The foraging tunnels are underground structures wich this insect utilizes as a foraging strategy. They are branched and interconnected, forming great meshes, similar to a net, reaching a distance of 25m to 42m from the middle of the released earth.

The tunnel has an elliptical shape, with a middle height of 2cm, and it can be very superficial or to reach at most 96cm of depth, showing bifurcations, curves and rough elevations.

This system of tunnels connects all the nest foraging holes and wich was found the quantity of 120 and 214, in the two nests studied.

The tunnels start from the nest by two or three larger channels named as the main tunnels, branching out and establishing the system of meshes.

The *Atta sexdens rubropilosa* foraging strategy defined by the tunnels has as advantage the resources maximization as all cut leaf, even not removed after cutting it, will remain at he colony territory and will be found when the working ants make use of another hole. Besides that, the tunnels allow a fast collect as the working ants work in distint groups, carrying a great quantity of material to it, wich is removed to the nest.

At the tunnels construction there is more branches on areas far away from the nest, with an increasing numbers of holes, allowing a more frequent collect on these areas instead of those close to the nest.

These systems of tunnels, communicating all the foraging holes in a single tunnel wich lead to the nest, is of extreme advantage when controlling the leaf-cutting ant by using a toxical bait, because if all bait is introduced in just one single hole wich has a lot of activity, it will be carried by the working ants to the nest in a more efficient way than the distribution in several holes. Moreover, it was

verified in this work that the toxic bait is distributed for all fungus chambers, without no sectionalized distribution.

Another interesting aspects wich was noticed on this study is about the dynamics of insecticide dispersion, formulated on toxic bait in the colony.

On laboratory conditions, about 60% of the working ant population in the colony are contaminated by the insecticide in the first 24 hours, while in field conditions the percentage at the same period of time is about 40%. This allows to believe that in the control of leaf-cutting ants using the toxic bait, the most appropriated insecticide must have slow lethal action and acting by ingestion, because otherwise it will take effect on about 40% of the population, while the remaining will undertake the recovery of the colony allowing its survival and success under chemical control.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS^(1,2)

ABBOTT, A.. Nutrient dynamics of ants. In: BRIAN, M.V. *Production Ecology of Ants and Termites*. Cambridge, Cambridge University Press, 1978.

AMANTE, E. A formiga saúva *Atta capiguara*, praga das pastagens. *Biológico* (São Paulo), v.33, p.113-20, 1967.

AUTUORI, M. Contribuição para o conhecimento da saúva (*Atta* spp - Hymenoptera - Formicidae). *Arq. Instit. Biol.* (São Paulo), v.13, p.137-50, 1942.

AUTUORI, M.. Contribuição para o conhecimento da saúva (*Atta* sp): I. Evolução do sauveiro (*Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908). *Arq. Inst. Biol.* (São Paulo), v.12, p.197-228, 1941.

⁽¹⁾ UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Coordenadoria Geral de Biblioteca, Editora UNESP. *Normas para publicações da UNESP*. São Paulo: Editora UNESP, 1994. 4v., v.2. Referências bibliográficas.

⁽²⁾ BIOSIS. *Serial sources for the BIOSIS previews database*. Philadelphia, 1990. 413p.



- BARRER, P.M., CHERRETT, J.M.. Some factors affecting the site and pattern of leaf-cutting activity in the ant *Atta cephalotes* L.. *J. Entomol.*, v.41, n.1, p.15-27, 1972.
- BHATKAR, A.P., KLOFT, W.J. Evidence, using radioactive phosphorus, of inter-specific food exchange in ants. *Nature*, n.265, p.140-2, 1977.
- BONETTO, A.A. Las hormigas "cortadoras" de la provincia de Santa Fé. *Dir. Gen. Recursos Nat.*, n.2, p.17-26, 1959.
- CEDEÑO-LEON, A. *Los bachacos - aspectos de su ecología. Acta Cientí. Venez.*, 73p, 1984.
- CHERRETT, J.M. Chemical aspects of plant attack by leaf-cutting ants. In: HARBOURNE, J.B. *Phytochemical Ecology*. London: Academic Press, 1972, p.13-24.
- CHERRETT, J.M. The foraging behavior of *Atta cephalotes* L. (Hymenoptera: Formicidae). I. Foraging patterns and species attacked in Tropical rain forest. *J. Anim. Ecol.*, v.37, p.387-403, 1968.
- CHERRETT, J.M., SEAFORTH, C.E.. Phytochemical arrestants for the leaf-cutting ants, *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich), with some notes on the ants response. *Bull. Entomol. Res.* v.59, p.615-25, 1970.
- CONWAY, J.R. Notes on the excavation of a nest of *Melophorus bagoti* Lubock in the northern territory Australia (Hymenoptera - Formicidae). *J. Aust. Entomol. Soc.*, v.31, p.247-8, 1992.
- ECHOLS, H.W. Assimilation and transfer of Mirex in colonies of Texas leaf-cutting ants. *J. Econ. Entomol.*, v.59, p.1336-8, 1966.

- EIDMANN, H. Beitrage zur kenntnis der biologie, insbesondere des nestbaves der blattschneiderameise *Atta sexdens* L. *Z. Morphol. Oekol. Tiere*, v.25, p.154-83, 1932.
- EVESHAM, E.J.M. The interaction of food distribution and the caste composition of on ant colony (*Myrmica rubra* L.). *J. Zool. (Lond.)*, n.207, p.241-50, 1985.
- FORTI, L.C. Relações entre plantas atacadas e a saúva *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera - Formicidae) em ecossistemas naturais e artificiais. *Relatório do Convênio IPEF/ FIPEC - Formigas cortadeiras*. 99p. 1984.
- FORTI, L.C. *Ecologia da saúva Atta capiguara Gonçalves 1944 (Hymenoptera - Formicidae) em pastagens*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1985. Tese (Doutorado).
- FORTI, L.C., PEREIRA-da-SILVA, V. *Distribuição espacial dos ninhos de Atta spp. (Hymenoptera, Formicidae) em povoamento de Eucaliptos spp.* In: JORNADA CIENTÍFICA DA ASSOCIAÇÃO DOS DOCENTES 8ª Jornada Científica da A.D.C. de Botucatu-SP. Resumos. Botucatu, 1979.
- FORTI, L.C., SILVEIRA NETO, S. Distribuição de substrato em colônias de *Atta capiguara* Gonçalves, 1944 (Hymenoptera - Formicidae). *An. Soc. Ent. Brasil.*, v.18, p.347-356, 1989.
- FORTI, L.C., SILVEIRA-NETO, S., PEREIRA-da-SILVA, V. Atividade forrageira de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera - Formicidae): fluxo e velocidade dos indivíduos na trilha, caracterização dos indivíduos forrageiros e duração e número de jornadas de coleta de vegetais. *Revista Brasileira de Entomologia*, v.28, n.3, p.275-284, 1984.

- FOWLER, H.G. Some factors influencing colony spacing and survival in the grass-cutting ant *Acromyrmex landolti fracticornis* (Forel) (Formicidae - Attini) in Paraguay. *Rev. Biol. Trop.*, v.25, n.1, p.89-99, 1977.
- FOWLER, H.G. *et al.* Ecologia nutricional de formigas. In: PANIZZI, A.R., PARRA, J.R.P. *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. São Paulo: Manole, 1991. cap.5, p.131-223.
- FOWLER, H.G., ROBINSON, S.W. Foraging by *Atta sexdens* (Formicidae - Attini): seasonal patterns, caste and efficiency. *Ecol. Entomol.*, n.4, p.239-47, 1979.
- FOWLER, H.G. *et al.* A simple method for determining location of foraging ant nests using leaf cutting ants as a model. *J. Appl. Entomol.*, n.116, p.420-22, 1993.
- FOWLER, H.G., STILES, E.W. Conservative resource management by leaf-cutting ants? The role of foraging territories and trails, and environment pathiness. *Sociobiology*, v.5, n.1, p.25-41, 1980.
- GÖSSWALDF, K., KLOFT, W. Tracer experiments on food exchange in ants and termites. In: BOVILLON, A. *Etudes sur les termites africains*. Léopodville: Editeur de L'Université, 1964. p.33-62.
- GRACE, J.K., ABDALLAY, A, FARR, K.R. Eastern subterranean termite (Isoptera - Rhinotermitidae) foraging territories and populations in Toronto. *Can. Entomol.*, v.121, p.551-6, 1989.
- GREAVES, T. Studies of foraging galleries and the invasion of living trees by *Coptotermes acinaciformis* and *C. brunneus* (Isoptera). *Aust. J. Zool.*, v.10, p.630-51, 1962.

HASKINS, C.P., WHELDON, R.M. Notes on the exchange of ingluvial food in the genus *Myrmecia*. *Insect. Soc.*, n.1, p.33-7, 1954.

HASSEL, M.P., SOUTHWOOD, T.R.E. Foraging strategies of insects. *Rev. Ecol. Syst.*, v.9, p.75-98, 1978.

HÖLLDOBLER, B. Home range orientation and territoriality in harvesting ants. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, v.71, p.3274-7, 1974.

HOWARD, D.F., TSCHITINKEL, W.R. Internal distribution of liquid foods in isolated workers of the fire ant *Solenopsis invicta*. *J. Insect. Physiol.*, n.27, p.67-74, 1981.

HOWARD, J.J. Infidelity of leaf cutting ants to host plants: resource heterogeneity or defense induction?. *Oecologia*, n.82, p.394-401, 1990.

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

HOWARD, J.J., GREEN, T.P., WIEMER, D.F. Comparative deterrence of two terpenoids to two genera of *Attine* ants. *J. Chem. Ecol.*, v.15, n.9, p.2279-88, 1989.

HUBBELL, S.P., WIEMER, D.F., ADEJARE, A. An antifungal terpenoid defends a neotropical tree (*Hymenaea*) against attack by fungus growing ants (*Atta*). *Oecologia*, n.60, p.321-7, 1983.

HUBBELL, S.P. *et al.* Foraging by bucket-brigade in leaf-cutting ants. *Biotropica*, v.12, n.3, p.210-3, 1980.

JACOBY, M. *A saúva: uma inteligência nociva*. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1950. 35p.

JONKMAN, J.M.C. The external and internal structure and growth of nests of the leaf-cutting ant *Atta vollenweideri* Forel, 1893 (Hymenoptera - Formicidae). *Sonderdruck aus Bd*, v.89, p.158-73, 1980a.

JONKMAN, J.M.C. The external and internal structure and growth of nests of the leaf-cutting ant *Atta vollenweideri* Forel, 1893 (Hymenoptera - Formicidae). *Sonderdruck aus Bd*, v.89, p.217-46, 1980b.

JOURNEL, A., HUIJBREGTS, C.H. *Geostatistics wiley interscience*. New York: 1978. 600p.

KNAPP, J.J., HOWSE, P.E., KERMARREC, A. Factors controlling foraging patterns in the leaf-cutting ant *Acromyrmex octospinosus* (Reich). In: VANDER MEER, R.K., JAFFÉ, K., CEDENO, A. *Applied Myrmecology*. Colorado: Westview, 1990. cap.36, p.382-409.

LITTLEDYKE, M., CHERRETT, J.M. Defense mechanisms in young and old leaves against cutting by the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich.) (Hymenoptera - Formicidae). *Bull. Entomol. Res.*, v.68, p.263-71, 1978.

LOECK, A.R., NAKANO, O. Distribuição de substratos no interior de um saueiro de *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera - Formicidae). *Solo*, v.74, p.43-7, 1982.

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

MARICONI, F.A.M., WIENDL, F., WALDER, J.M.M. Iscas granuladas marcadas

com iodo e fósforo radioativos no estudo de saúvas (*Atta* spp). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 7, Fortaleza. *Resumos*, 1981. p.237.

MARICONI, F.A.M., ZAMITH, A.P.L. Contribuição para o conhecimento da saúva parda *Atta capiguara* Gonçalves, 1944. *An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiróz" Univ. São Paulo*, v.18, p.301-12, 1961.

MARKIN, G.P. Food distribution within laboratory colonies of the Argentine ant, *Iridomyrmex humilis* (Mayr.). *Insectes Soc.*, v.27, n.2, p.127-58, 1970.

McCAHON, T.J., LOCKWOOD, J.A. Nest architecture and pedoturbation of *Formica obscuipes* Forel (Hymenoptera - Formicidae). *Pan Pac. Entomol.*, v.66, p.147-56, 1990.

McCOOK, H.C. Architecture and habits of the cutting ant of Texas (*Atta fervens*). *Mag. Nat. Hist.*, n.48, p.442-9, 1879.

MOREIRA, A.A., PRETTO, D.R., FORTI, L.C. Distribuição de substrato em colônias de *Atta laevigata* (Hymenoptera - Formicidae). In: Encontro de Mirmecologia, 12, 1995, São Leopoldo - RS. *Resumos*. p.68.

MOSER, J.C. Contents and structure of *Atta texana* nest in summer. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, v.56, p.286-91, 1963.

ORIAN, C.N. Differential effects of condensed and hydrolyzable tannin on polyphenol oxidase activity of Attine symbiotic fungus. *J. Chem. Ecol.*, v.17, n.9, 1991.

PENDELTON, R.C., GRUNDMANN, A.W. Use of P³² in tracing some insect-plant

- relationships of the thistle, *Cirsium undulatum*. *Ecology*, v.35, n.2, p.187-91, 1954.
- PEREGRINE, D.J., CHERRETT, J.M. Toxicant spread in laboratory colonies of the leaf-cutting ant. *Proc. Assoc. Appl. Biol.*, p.128-33, 1976.
- PEREGRINE, D.J., PERCY, H.C., CHERRETT, J.M. Intake on possible transfer of lipid by the post-pharyngeal glands of *Atta cephalotes* L. *Entomol. Exp. Appl.*, n.15, p.248-49, 1972.
- PEREIRA-da-SILVA, V. Contribuição ao estudo das populações de *Atta sexdens rubropilosa* Forel e *Atta laevigata* (Fr. Smith) no Estado de São Paulo (Hymenoptera - Formicidae). *Stud. Entomol.*, v.18, p.201-50, 1975.
- PEREIRA-da-SILVA, V., FORTI, L.C., FERREIRA, M.F. de B. Estrutura dos ninhos iniciais de *Atta capiguara* Gonçalves, 1944 (Hymenoptera - Formicidae) na região de Botucatu, São Paulo. *Rev. Bras. Entomol.*, v.26, p.287-92, 1982.
- PRETTO, D.R., FORTI, L.C. Arquitetura dos túneis de forrageamento de *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera - Formicidae). In: International Symposium on Pest Ants, 4, Encontro de Mirmecologia, 11, 1993, Belo Horizonte - MG. *Resumos*.
- PRETTO, D.R., FORTI, L.C. Estrutura dos túneis de forrageamento de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera - Formicidae). In: Congresso Brasileiro de Entomologia, 15, 1995, Caxambú - MG. *Resumos*. p.149.
- PYKE, G.H., PULLIAM, H.R., CHARNOV, E.L. Optimal foraging: a selective review of theory and tests. *Q. Rev. Biol.*, v.52, n.2, 1977.

- QUINLAN, R.J., CHERRETT, J.M. The role of substrate preparation in the symbiosis between the leaf-cutting ant *Acromyrmex octospinosus* (Reich) and its food fungus. *Ecol. Entomol.*, n.2, p.161-70, 1977.
- RAPPORT, D.J. Optimal foraging for complementary resources. *Am. Nat.*, v.116, p.324-46, 1980.
- REED, J., CHERRETT, J.M. Foraging strategies and vegetation exploration in the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.) a preliminary simulation model. In: VANDER MEER, R.K., JAFFÉ, K., CEDENO, A. *Applied Myrmecology*. Colorado: Westview, 1990. cap. 33, p.355-66.
- ROCKWOOD, L.L. The effects of seasonality on foraging in two species of leaf-cutting ants (*Atta*) in Guanacaste Province, Costa Rica. *Biotropica*, v.7, n.3, p.176-93, 1975.
- ROCKWOOD, L.L. Plant selection and foraging patterns in two species of leaf-cutting ants (*Atta*). *Ecology*, v.57, p.48-61, 1976a.
- ROCKWOOD, L.L. Foraging patterns and plant selection in Costa Rica leaf-cutting ants. *J. N.Y. Entomol. Soc.*, v.85, p.222-33, 1976b.
- SALZEMANN, A., JAFFÉ, K. On the territorial behaviour of field colonies of the leaf-cutting ant *Atta laevigata* (Hymenoptera - Myrmicinae). *J. Insect Physiol.*, v.36, n.2, p.133-8, 1990a.
- SALZEMANN, A., JAFFÉ, K. Territorial ecology of the leaf-cutting ant, *Atta laevigata*. In: VANDER MEER, R.K.; JAFFÉ, K.; CEDENO, A.. *Applied Myrmecology*. Colorado: Westview, 1990b. cap. 32, p.345-354.

- SALZEMANN, A. *et al.* Leaf cutting ant *Atta laevigata* (Formicidae - Attini) marks its territory with colony - specific dufour gland secretion. *J. Chem. Ecol.*, v.18, n.2, p.183-96, 1992.
- SHEPHERD, J.D. Trunk trails and the searching strategy of leaf cutter ant, *Atta colombica*. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, n.11, p.77-84, 1982.
- SORENSEN, A.A., KAMAS, R., VINSON, S.B. The biological half-life and distribution of 125 iodide and radiocodinated protein in the imported fire ant, *Solenopsis invicta*. *Entomol. Exp. Appl.*, n.28, p.247- 58, 1980.
- SOUTHWOOD, T.R.E. *Ecological methods*. 2^a ed. London: Chapman and Hall, 1978. 524p.
- SPIEGEL, M.R. *Estatística: Resumo da teoria, 875 problemas resolvidos, 619 problemas propostos*. São Paulo: McGraw Hill do Brasil, 1977. 580p.
- STAHEL, G., GEIJSKES, D.C. Über den Bau der Nester von *Atta cephalotes* (L.) und *Atta sexdens* (L.) (Hymenoptera: Formicidae). *Rev. Entomol.*, n.10, p.27-8, 1939.
- STRINGER, C.E., LOFGREN, C.S., BARTLEY, F.J. Imported fire ant toxic studies evaluation of toxicant. *J. Econ. Entomol.*, v.57, n.6, p.941-5, 1964.
- VASCONCELOS, H.L., FOWLER, H.G. Foraging and fungal substrate selection by leaf-cutting ants. In: VANDER MEER, R.K., JAFFÉ, K., CEDENO, A. *Applied Myrmecology*. Colorado: Westview, 1990. cap.37, p.410-419.
- VIEIRA, S.R. *et al.* Geoestatistical theory and applications to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, v.51, p.1-75, 1983.

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*. Colorado: Westview, 1986. cap. 13, p.159-171.

WALLER, D.A. Leaf-cutting ants and live oak: the role of leaf toughness in seasonal and intraespecific host choice. *Entomol. Exp. Appl.*, v.32, p.146-50, 1982.

WILLIAMS, D.F. The development of toxic baits for the control of the imported fire ant. *Fl. Entomol.*, v.66, n.1, p.162-71, 1983.

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