

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

**BIOLOGIA DE *Acromyrmex balzani* EMERY, 1890 (HYMENOPTERA,
FORMICIDAE)**

NÁDIA CALDATO

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

BOTUCATU-SP

Setembro – 2010

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

**BIOLOGIA DE *Acromyrmex balzani* EMERY, 1890 (HYMENOPTERA,
FORMICIDAE)**

NÁDIA CALDATO
Bióloga

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Forti
Co-orientadora: Dra. Ana Paula Protti de Andrade Crusciol

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

BOTUCATU-SP

Setembro – 2010

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

C145b Caldato, Nádia, 1978-
Biologia de *Acromyrmex balzani* Emery, 1890 (Hymenoptera, Formicidae) / Nádia Caldato. - Botucatu : [s.n.], 2010

iv, 100 f. : il., tabs., gráfs., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2010
Orientador: Luiz Carlos Forti
Co-orientador: Ana Paula Protti de Andrade Crusciol
Inclui bibliografia.

1. *Acromyrmex*. 2. Gramíneas. 3. Subninhas. 4. Polidomia. I. Forti, Luiz Carlos. II. Crusciol, Ana Paula Protti de Andrade. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: **BIOLOGIA DE Acromyrmex balzani (EMERY, 1890) (HYMENOPTERA, FORMICIDAE)**

ALUNA: NADIA CALDATO

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ CARLOS FORTI

CO-ORIENTADORA: DRª ANA PAULA PROTTI DE ANDRADE CRUSCIOL

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. LUIZ CARLOS FORTI



PROF. DR. EDSON LUIZ LOPES BALDIN



PROFª DRª MARIA APARECIDA CASTELLANI

Data da Realização: 01 de setembro de 2010.

*A Deus,
pela vida, coragem e determinação.*

AGRADEÇO

*Aos meus pais Oraidio Jorge Caldato e Lourdes Ferreira da Silva Caldato,
pelo amor, carinho e por entenderem minha constante ausência .*

*Ao meu marido Rogério Antonio de Almeida, pelo amor, confiança, estímulo
e paciência nos momentos difíceis.*

DEDICO

*A todas as pessoas que de alguma forma cujos caminhos se cruzaram com
os meus e que de alguma forma me auxiliaram ou incentivaram a minha vida
profissional.*

*Em especial à Neusa Vitola Passeto e Leovegildo Antonio Passeto, que
considero como meus anjos da guarda e agradeço por tudo o que fizeram por
mim, e ao Dr. Wilson Reis Filho pelo exemplo de profissionalismo e por acreditar
que somos capazes de realizar tudo aquilo que nos propomos.*

Obrigada a vocês pelos ensinamentos e auxílio.

HOMENAGEM

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e por me dar coragem, por estar ao meu lado e me guiar nos momentos mais difíceis.

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

À minha co-orientadora Ana Paula Protti de Andrade Crusciol, pela orientação, auxílio, incentivo, pela imensa dedicação e participação durante toda a realização do trabalho.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

Aos colegas de laboratório: Sinara Maria Moreira, Sandra Regina de Souza Cardoso, Karina Martins, Mariana Brugger, Roberto da Silva Camargo, Rafael Forti Barbieri, Ricardo Toshio Fujihara, Marcilio de Souza e Nilson Satoru Nagamoto.

À Mariane Aparecida Nickele, pela ajuda nas análises estatísticas, ensinamentos, exemplos de profissionalismo e amizade.

Aos meus Colegas: Sinara Maria Moreira e Rafael Forti Barbieri, obrigada por toda a ajuda e ensinamentos de vital importância para a realização deste trabalho.

Ao Dr. Wilson Reis Filho, pelo exemplo de profissionalismo e por acreditar que somos capazes de realizar tudo aquilo que nos temos como objetivo.

Aos meus pais, por serem exemplo de vida e por estarem sempre ao meu lado, me incentivando e me dando força pra continuar.

Ao meu marido Rogério Antonio de Almeida, por todo amor, paciência, cumplicidade e eterno companheirismo, por acreditar nos meus ideais e me dar força e incentivo nos momentos de dificuldade.

Ao meu irmão, Sander Caldato, pelo amor, dedicação, amizade, apoio e por acreditar em meu potencial.

Às minhas irmãs Neide, Grasielle e Josiane, por estarem sempre do meu lado, me apoiando e dando estímulo pra continuar nesta caminhada.

A todas as pessoas que de alguma forma cujos caminhos se cruzaram com os meus e que de alguma forma me auxiliaram ou incentivaram a minha carreira profissional.

A todos que direta ou indiretamente me auxiliaram nesse trabalho.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO.....	01
SUMMARY.....	03
INTRODUÇÃO.....	05
CAPÍTULOS.....	09
I POLIDOMIA DOS NINHOS DE <i>Acromyrmex balzani</i> Emery, 1890 (Hymenoptera, Formicidae).....	09
1. Introdução.....	10
2. Material e Métodos.....	12
2.1 Caracterização da área experimental.....	12
2.2 Distribuição das colônias na área.....	12
2.2.1 Índices de dispersão.....	12
2.3 Teste de agressividade.....	14
3. Resultados e Discussão.....	16
4. Referências.....	19
II ARQUITETURA EXTERNA E INTERNA DOS NINHOS DE <i>Acromyrmex balzani</i> Emery, 1890 (Hymenoptera, Formicidae).....	24
1. Introdução.....	25
2. Material e Métodos.....	28
2.1 Estudo geral dos ninhos.....	28
2.2 Técnica de escavação.....	29
2.3 Análises dos dados.....	30

3. Resultados.....	31
3.1 Arquitetura externa.....	31
3.2 Arquitetura interna.....	31
3.3 Formas de ocorrência do ninho, local de nidificação e deposição de lixo.....	32
4. Discussão.....	32
5. Referências.....	35
III TAMANHO POPULACIONAL DOS NINHOS DE <i>Acromyrmex balzani</i> Emery, 1890 (Hymenoptera, Formicidae).....	
1. Introdução.....	58
2. Material e Métodos.....	59
3. Resultados.....	61
4. Discussão.....	62
5. Referências.....	66
IV MORFOMETRIA DAS OPERÁRIAS DE <i>Acromyrmex balzani</i> Emery, 1890 (Hymenoptera, Formicidae).....	
1. Introdução.....	74
2. Material e Métodos.....	75
3. Resultados e Discussão.....	77
4 Referências.....	78
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
6. CONCLUSÕES.....	87
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

RESUMO

A biologia das espécies e subespécies de *Acromyrmex* foi até então pouco estudada. A espécie *Acromyrmex balzani* é uma típica formiga cortadeira de gramíneas e é encontrada em alta densidade em pastagens. Apesar de sua importância como praga, estudos sobre sua biologia e comportamento ainda são escassos. Com o intuito de se estudar a biologia de *A. balzani* (Emery, 1890), foram realizados experimentos que abordaram vários aspectos biológicos, como: arquitetura externa e interna dos ninhos, tamanho populacional, número de castas físicas e polidomia. A arquitetura externa e interna dos ninhos é muito simples. São pouco profundos e apresentam poucas câmaras. O formato das câmaras e túneis é irregular, e em alguns ninhos foram encontradas apenas uma câmara. Não possuem câmaras com lixo, sendo o mesmo depositado externamente. A deposição de terra solta aparente ocorre nas épocas mais quentes do ano. Os resultados do experimento relacionado ao tamanho dos ninhos indicaram que a população desta espécie cresce à medida que aumenta o volume do fungo e demonstraram que as operárias pequenas foram as mais predominantes e as grandes representaram a porção intermediária. Em relação à morfometria das operárias, apesar de existirem variações de alguns parâmetros, os dados sugerem o agrupamento de três subcastas (pequenas, médias e grandes). A hipótese da ocorrência de

polidomia nos ninhos foi provada, porque o que determina tal condição é que as colônias devem ser divididas em subninhos e isso ocorre em *A. balzani*. Foi constatado que as colônias podem apresentar apenas um subninho ou vários subninhos. No presente trabalho foram encontrados até 8 subninhos por colônia e a maioria dos ninhos escavados eram polidômicos. Entre os subninhos de cada colônia, não existem ligações internas por canais. A comunicação é feita externamente, ou seja, as operárias se deslocam de um subninho ao outro por meio dos orifícios de forrageamento. A rainha permanece em apenas um subninho.

Palavras Chave: *Acromyrmex*, gramíneas, subninhos, polidomia.

BIOLOGY OF *Acromyrmex balzani* EMERY 1890 (Hymenoptera, Formicidae). Botucatu, 2010. 93p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Proteção de Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: NADIA CALDATO

Adviser: LUIZ CARLOS FORTI

Co-adviser: ANA PAULA PROTTI DE ANDRADE CRUSCIOL

Acromyrmex balzani (Emery 1890) is a typical grass-cutting ant extremely abundant and easily found in Brazilian grasslands. Despite the pest status, there is a lack of studies involving its biology and behavior. Aiming better understand the species biology, experiments involving some biological aspects like: external and internal nest architecture, population size, physical caste organization, and polydomism were developed. *i) Architecture:* external and internal nest architecture is relatively simple if compared with some members of the tribe Attini. Nests are not so deep and composed for just few chambers. Tunnels and chambers have an irregular shape and in some nests just a single chamber occurs. There is no dump chamber since the exhausted substrate is disposed outside the nest and loose soil deposits occur during warmer periods of the year. *ii) Population size:* results indicate that the greater the mass of the fungus grown by the ants the higher the population

and those small workers are more abundant than larger ones. *iii) Physical caste:* about morphometric standards, data suggests the occurrence of three sub-castes (small, medium and large workers) despite variations do exist. *iv) Polydomism:* the occurrence of polydomism is characterized by the co-occurrence of sub-nests, condition herein confirmed. Colonies could consist of one or more sub-nests. At this present work most of them were polydomics with a maximum of 8 sub-nests per colony and no internal tunnels connecting these structures were found. Connections are extern and workers displacing among sub-nests by using the foraging hole. One single queen was found at each colony it belonging to a single sub-nest.

Keywords: *Acromyrmex*, biology, leaf-cutting-ants, polydomy

INTRODUÇÃO

As formigas são insetos sociais altamente especializados na construção de seus ninhos. São organismos dominantes na maioria dos ecossistemas terrestres (Wilson, 1987), apresentando importantes papéis no fluxo de energia e de nutrientes (Rebula 2003). Uma colônia de formigas pode ser considerada um superorganismo, onde os indivíduos ocupam determinados lugares. Como insetos sociais, apresentam sobreposição de gerações, indivíduos estéreis e reprodutivos e o cuidado cooperativo com a prole (Wilson, 1971). Considerando o comportamento social e as características evolutivas desse comportamento, sugere-se que a ocorrência de sobreposição de gerações, composta por centenas de indivíduos vivendo em conjunto dentro de uma mesma colônia, possa ter dado impulso no aumento da especialização da divisão de trabalho.

As formigas pertencem à Família Formicidae a qual é dividida em várias subfamílias. Dentre elas está à subfamília Myrmicinae que compreende as formigas da Tribo Attini. A principal característica dessa Tribo é o ato de cultivarem um fungo simbiote do qual se alimentam. Atualmente são descritos 12 gêneros com 230 espécies descritas (Schultz & Brady, 2008). Alguns gêneros necessitam de revisões taxonômicas devido à existência de muitas subespécies, aproximadamente 85 (Schultz & Meier, 1995).

Dentre os gêneros da Tribo Attini, destacam-se *Atta* e *Acromyrmex* que são as formigas cortadeiras de folhas.

Como substrato para o crescimento de seu fungo simbiote, as operárias destes gêneros utilizam material vegetal e as mesmas complementam sua alimentação com líquidos extraídos das folhas, durante a coleta e processamento desse substrato (Bass e Cherrett, 1995; Andrade et al. 2002; Paul e Roces 2003; Nagamoto et al. 2004). Assim, há evidências que as operárias apresentam capacidade seletiva em relação ao material a ser cortado (Oliveira et al. 2004), devido à presença de compostos secundários tóxicos, valor nutricional exigido para o simbiote e barreiras químicas e físicas das plantas (Hubbel e Wiemer, 1983). Segundo Rockwood (1976), os compostos secundários e as necessidades nutricionais seriam responsáveis por esta seletividade. De qualquer forma, cabe ressaltar aqui, que operárias devem aliar às suas necessidades nutricionais com as de seu fungo simbiote, para garantir o sucesso do crescimento da colônia.

As formigas cortadeiras ocorrem em todo o continente Americano, desde o Sul dos Estados Unidos (Gonçalves, 1961; Weber, 1970) seguindo pela América Central (exceto em algumas ilhas das Antilhas) (Mariconi, 1970; Weber, 1972; Della Lucia, 1993) e continuando por todos os países da América do Sul (exceto no Chile) até o centro da Argentina (Gonçalves, 1961; Weber, 1970; Farji-Brener & Ruggiero, 1994).

No Brasil, estão distribuídas em todo o território nacional, sendo encontradas nove espécies de *Atta* (Delabie, 1998) e 21 espécies do gênero *Acromyrmex* e 9 subespécies taxonômicas (Gonçalves, 1961, 1967; Fowler et al. 1986; Fowler, 1988; Della Lucia et al. 1993). No entanto, Andrade (2002) através da comparação da genitália dos machos e análise de uma região específica do DNA das três subespécies de *Acromyrmex subterraneus*, detectou apenas a existência de duas subespécies, *A. subterraneus subterraneus* e *Acromyrmex subterraneus brunneus*, chegando à conclusão de que *A. subterraneus molestans*, não faz parte do complexo *Acromyrmex subterraneus*, sendo então elevada para a categoria de espécie *Acromyrmex molestans* (ação nomenclatural ainda não oficializada). Outras subespécies baseadas em caracteres muito variáveis, sem estudos geográficos ou biológicos, devem ser revisadas.

As formigas do gênero *Acromyrmex* caracterizam-se por possuírem quatro a cinco pares de espinhos dorsais e apresentarem numerosos tubérculos na superfície do

gáster, o que lhes confere uma aparência áspera quando vista de lado. As operárias de *Acromyrmex* apresentam elevado grau polimórfico com tamanhos variados (Anjos et al. 1998).

Para a determinação das espécies de *Acromyrmex* do Brasil, Gonçalves (1961, 1967b) elaborou duas chaves de identificação; a primeira baseada em Santschi (1925) e a segunda para as espécies da Amazônia. Mayhé-Nunes (1991) fez uma revisão do gênero e elaborou uma terceira chave. Para o uso das mesmas devem-se observar as operárias maiores, devido à existência de acentuado polimorfismo em um mesmo ninho.

As formigas cortadeiras *Atta* e *Acromyrmex* são apontadas como as principais pragas de ecossistemas florestais e agrícolas, em razão dos prejuízos que causam e de sua vasta ocorrência, nessas áreas.

Espécies de *Acromyrmex* que são cortadeiras de gramíneas possuem diferenças morfológicas em relação às espécies que cortam dicotiledôneas, como por exemplo, mandíbulas mais curtas e compactas; em relação aos atos comportamentais as diferenças são evidentes quanto ao ato de cortar a folha, sendo que as cortadeiras de gramíneas não utilizam as pernas metatorácicas durante o corte, enquanto que as outras espécies o fazem (Fowler et al. 1986).

Para a obtenção de um controle eficiente das espécies de formigas que são pragas é necessário o conhecimento de aspectos básicos de biologia de cada espécie em particular.

A formiga em questão, *Acromyrmex balzani*, é especializada em cortar monocotiledôneas e em razão disso tem importância econômica em áreas de pastagem e cultivos de cana-de-açúcar (Gonçalves, 1961; Mariconi et al. 1963). Causam danos severos, pois cortam as gramíneas muito rentes ao solo, além de apresentar grande densidade de ninhos (Della Lúcia & Oliveira, 1993). Os ninhos dessa espécie são encontrados nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul (Gonçalves, 1961).

Várias pesquisas têm sido efetuadas com essa espécie; porém, são escassos os estudos relacionados à biologia. Desse modo, buscando abordar alguns aspectos biológicos, o presente estudo foi realizado com o objetivo de estudar os ninhos de *Acromyrmex balzani* e elucidar as seguintes questões:

(1) Testar a hipótese de ninhos polidômicos na espécie;

- (2) Conhecer a arquitetura externa e interna dos ninhos;
- (3) Determinar a população dos ninhos de *A. balzani*;
- (4) Determinar o grau de polimorfismo, das operárias.

Para isso, dividiu-se a dissertação em quatro capítulos: Polidomia dos ninhos de *Acromyrmex balzani* Emery, 1890 (Hymenoptera: Formicidae); Arquitetura externa e interna dos ninhos de *Acromyrmex balzani* Emery, 1890 (Hymenoptera, Formicidae); Tamanho populacional das colônias de *Acromyrmex balzani* Emery, 1890 (Hymenoptera, Formicidae) e Morfometria das operárias de *Acromyrmex balzani*, Emery, 1890 (Hymenoptera, Formicidae).

**CAPÍTULO I – POLIDOMIA DOS NINHOS DE *Acromyrmex balzani* Emery 1890
(Hymenoptera, Formicidae).**

Journal of Applied Entomology

Resumo

A polidomia é caracterizada por ninhos de formigas que podem ter um ou vários subninhos que vivem socialmente unidos. Ninhos polidômicos, são ninhos que podem ter um único ou vários orifícios de forrageamento. Estudos prévios com *Acromyrmex balzani* apontaram a existência de polidomia nesta espécie, por isso havia a necessidade de fazer um estudo mais abrangente para confirmar esse fato. Assim o objetivo desse estudo foi determinar a existência de polidomia em ninhos de *A. balzani*. Para isso, foram feitos testes de agressividade com indivíduos de subninhos diferentes, para verificar o número de ninhos na área estudada. A hipótese da ocorrência de polidomia nos ninhos de *A. balzani* foi provada. Foi constatado que os ninhos podem apresentar apenas um ou vários subninhos. Entre os

subninhas de cada ninho, não existem ligações internas por canais. A comunicação é feita externamente, com deslocamento de operárias de um subninho ao outro por meio dos orifícios de forrageamento. A rainha permanece em apenas um subninho.

Palavras Chave: ninhos polidômicos, subninhas.

1. Introdução

Entre insetos sociais a maioria das interações da colônia ocorre dentro do ninho, o qual tem a função de proteger os indivíduos e armazenar alimentos (Starr, 1991). Nas formigas, os hábitos de fundação assim como o grau de elaboração das construções dos ninhos variam muito, desde colônias polidômicas gigantes até o uso de cavidades simples no solo (Hölldobler & Wilson, 1990). No caso da formiga argentina, *Linepithema humile*, foi descrito que uma supercolônia polidômica se estendeu por 6.000 km, da Itália até a Espanha, formando a maior unidade já encontrada (Giraud et al. 2002), enquanto que a formiga amazônica *Gigantiops destructor*, constrói ninhos pouco elaborados, sendo apenas cavidades simples no solo, com uma única câmara (Beugnon, 2001).

Em abelhas sociais e vespas, cada colônia é composta por um único ninho. Porém em formigas, uma colônia pode ocupar um ninho (colônia monodômica, que quer dizer apenas uma casa) ou vários ninhos socialmente unidos, mas com espaços separados (colônias polidômicas, várias casas) (Hölldobler e Wilson, 1977).

A polidomia em formigas é caracterizada em membros de uma mesma colônia, que estão separados fisicamente por vários ninhos e conectada entre eles através da troca de operárias, como sugerem as análises genéticas de Zinck et al. (2007), para ninhos de *Ectatoma tuberculatum*.

As colônias polidômicas de formigas incluem vários fenômenos biológicos e que tem variação mais ou menos contínua. A polidomia é definida como o arranjo de uma colônia de formiga em dois ou mais ninhos espacialmente separados. Essa distância entre dois desses ninhos deve ser maior que a distância normal entre duas câmaras. Um ninho pode ser considerado como qualquer estrutura que contenham operárias e a prole (essencialmente larvas e pupas, porque os ovos normalmente não são carregados entre ninhos, devido à sua

vulnerabilidade. As unidades de uma colônia polidômica são conhecidas pela variedade de nomes, que as compõe, entre eles pode-se citar: ninhos adjacentes, ninhos auxiliares (ou formigueiros), subunidades de colônias, subninhos, ninhos satélites, ninhos secundários entre outros (Debout et al. 2007).

Hölldobler e Wilson (1990) relataram que membros de diferentes colônias da mesma espécie são frequentemente agressivos uns para com os outros. A integridade dentro de uma colônia de insetos sociais depende das interações entre seus membros e da habilidade em reconhecê-los (Crozier & Pamilo, 1996). Esse reconhecimento é baseado em odores próprios da colônia, porém em colônias polidômicas essa situação é mais difícil, uma vez que os membros da colônia estão distribuídos em subninhos separados fisicamente, os quais, portanto vivem em ambientes supostamente diferentes e, portanto seria difícil o reconhecimento dos odores de indivíduos da mesma colônia.

A polidomia pode conferir vantagens ecológicas numerosas, considerada muitas vezes como resposta a vários fenômenos ambientais. Rosengren e Pamilo (1983) propuseram que a polidomia pode reduzir o risco de extinção da colônia, uma vez que, se um dos subninhos for destruído, ainda restaram outros para a perpetuação da espécie, sendo considerada uma estratégia evolutiva.

Os ninhos polidômicos podem conter nenhuma, uma ou várias rainhas. A presença de uma rainha não é um critério fundamental para a formação de novos ninhos porque novas operárias podem ser recrutadas para um ninho sem rainha para criar a prole, larvas e pupas de primeiro ínstar, que foram transportadas a ele. A comunicação entre ninhos diferentes é uma rede complexa, e ainda indefinida, inclusive no transporte da prole, de operárias e rainhas para os ninhos novos. A presença da prole é fundamental para a renovação de novas gerações, pois ela induz a expressão de comportamento típico de um ninho, pois sem a prole, as operárias não cuidariam da manutenção, fornecimento e defesa do ninho, comprometendo as futuras gerações (Debout et al. 2007). Um pré-requisito essencial para estudos de comportamento em insetos sociais é a correta identificação de limites de uma colônia. Esse raciocínio é importante e revela a necessidade de mais estudos para entender as causas e consequências da polidomia em formigas.

Ichinose et al. (2007) demonstraram a ocorrência de polidomia em *A. balzani*, por meio de testes de agressividade entre indivíduos do mesmo ninho. Foram encontradas apenas

18 rainhas em 50 ninhos diferentes e em nenhum deles havia mais de uma rainha. No entanto, esse estudo foi realizado com o intuito de verificar custos energéticos na razão sexual dos indivíduos e variação da alocação sexual nas câmaras de fungo. A conclusão sobre a polidomia nessa espécie surgiu por acaso, por isso havia a necessidade de fazer um estudo mais abrangente sobre esse fato.

Assim o objetivo desse estudo foi determinar a polidomia em ninhos de *A.balzani*; por meio do estudo da distribuição espacial dos ninhos; quantificação do número de subninhos por ninho e verificação do número de rainhas por ninho.

2. Material e Métodos

A metodologia desse trabalho foi baseada no estudo de Ichinose et al. (2007), com adaptações.

2.1 Caracterização da área experimental

O trabalho foi realizado na Fazenda Santana, localizada nas proximidades da Fazenda Experimental Lageado da UNESP, no município de Botucatu-SP, cujas coordenadas geográficas são (22°50'46" S e 48°26'02" W).

Na Fazenda Santana predomina pastagens compostos principalmente por *Brachiaria* spp. e *Paspalum* spp, onde há ocorrência de ninhos de *A. balzani*.

2.2 Distribuição das colônias na área

Para a determinação da distribuição das colônias na área, primeiramente foi selecionado 2.500 m² de pastagem, contendo ninhos de *Acromyrmex balzani*, logo após, essa área foi dividida em quadrantes de 10mx10m cada. Foram marcados todos os ninhos existentes dentro de cada quadrante. Os quadrantes foram divididos e somaram 25 unidades amostrais (Figura 2). Foi confeccionado um mapa, em planilha do programa Microsoft Excel com os dados obtidos em campo e aplicados os índices de dispersão para verificar qual era o tipo de distribuição que havia na área.

2.2.1 Índices de dispersão

Foram utilizados os seguintes índices de dispersão para determinar o tipo de distribuição espacial de formigueiros de *A. balzani*:

a) Razão variância/média ou índice de dispersão I : Esse índice é dado por:

$$I = \frac{s^2}{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{\bar{x}(n-1)}, \text{ onde: } s^2 = \text{variância amostral; } \bar{x} = \text{média amostral, } x_i = \text{número de}$$

formigueiros nas amostras, n = número total de unidades amostrais.

De acordo com Davis (1993), este índice tem como critério de distribuição espacial: $I = 1$, distribuição aleatória; $I > 1$, distribuição agregada; $I < 1$, distribuição regular. O afastamento da aleatoriedade foi testado através da expressão: $\chi^2 = I(n-1)$, onde: I = valor do índice de dispersão I ; n = número total de unidades amostrais. O teste de afastamento da aleatoriedade consiste em rejeitar a aleatoriedade se: $\chi^2 = I(n-1) > \chi^2_{(N-1gl),\alpha}$

b) Índice de dispersão de Morisita (I_δ): Esse índice é dado por: $I_\delta = n \frac{\sum x^2 - \sum x}{(\sum x)^2 - \sum x}$,

onde: n = número total de unidades amostrais; $\sum x$ = somatório do número de formigueiros nas amostras.

Este índice tem como critério de distribuição espacial, segundo Davis (1993): $I_\delta = 1$, distribuição aleatória; $I_\delta > 1$, distribuição agregada; $I_\delta < 1$, distribuição regular.

O afastamento da aleatoriedade foi testado através da expressão: $\chi_\delta^2 = I_\delta (\sum x - 1) + n - \sum x$, onde: I_δ = valor do índice de dispersão de Morisita; n = número total de unidades amostrais; $\sum x$ = somatório do número de formigueiros nas amostras. O teste de afastamento da aleatoriedade consiste em rejeitar a aleatoriedade se:

$$\chi_\delta^2 > \chi^2_{(N-1gl),\alpha}$$

c) Expoente k da distribuição binomial negativa: Este parâmetro foi calculado pelos métodos dos momentos e da máxima verossimilhança. A estimativa de k pelo método dos

momentos foi obtida de acordo com Anscombe (1949) através da seguinte expressão:

$$\hat{k} = \frac{\bar{x}^2}{s^2 - \bar{x}}, \text{ onde: } s^2 = \text{variância amostral; } \bar{x} = \text{média amostral.}$$

A estimativa pelo método da máxima verossimilhança foi calculada de acordo com Bliss e Fisher (1953) e obteve-se o valor de k , que iguala os dois membros da equação através da expressão: $n \cdot \ln\left(1 + \frac{\bar{x}}{\hat{k}}\right) = \sum_{x=0}^{\infty} \left(\frac{A_x}{\hat{k} + x}\right)$, onde: n = número total de unidades amostrais; \ln = logaritmo neperiano; \bar{x} = média amostral; \hat{k} = estimativa de k ; A_x = soma das freqüências de valores maiores que x .

Este coeficiente tem como critério de distribuição espacial: $\hat{k} < 2$ e positivo, distribuição altamente agregada; \hat{k} de 2 a 8, distribuição moderadamente agregada; $\hat{k} > 8$, distribuição aleatória; $\hat{k} < 0$, distribuição regular.

d) Coeficiente de Green (C_x): Esse coeficiente é dado por: $C_x = \frac{(s^2 - \bar{x})^{-1}}{\sum x - 1}$, onde: s^2 = variância amostral; \bar{x} = média amostral; $\sum x$ = somatório do número de indivíduos nas amostras.

Este coeficiente tem como critério de distribuição espacial, de acordo com Davis (1993): $C_x = 0$, distribuição aleatória; $C_x > 0$, distribuição agregada, $C_x < 0$, distribuição regular.

O afastamento da aleatoriedade foi testado através da expressão:

$C_{x(1-\alpha)} = [\chi^2_{(1-\alpha)} / (n-1)] (n \cdot \bar{x} - 1)$, onde: $\chi^2_{(1-\alpha)}$ = valor do qui-quadrado com $n-1$ graus de liberdade e um nível α de significância; n = número total de unidades amostrais; \bar{x} = média amostral. Quando C_x é superior ao valor de $C_{x(1-\alpha)}$, rejeita-se a aleatoriedade.

2.3 Teste de Agressividade

Foram feitos testes para estimar o nível de agressividade entre as operárias dos subninhos (foi considerado um subninho, os orifícios feito no solo pelas operárias), dentro do

quadrante e entre operárias de subninhos de quadrantes diferentes, para verificar se os subninhos próximos são independentes ou pertencem ao mesmo ninho (ninhos polidômicos). Quando houve comportamento agressivo, foi considerado que os subninhos pertenciam a ninhos diferentes e quando não houve foi considerado que os subninhos pertenciam ao mesmo ninho, ou seja, são polidômicos.

Para observação dos comportamentos foram utilizadas três operárias de um subninho e três operárias de outro. Essas operárias foram colocadas em uma arena (pote) de 125 mL, 6 cm de largura e 5 cm de altura, revestida internamente com uma faixa de fluon (líquido derrapante), para evitar que as formigas saíssem do fundo do pote (Figura 1). Foram feitas três repetições para cada observação por um tempo de cinco minutos cada. Segundo Ichinose et al (2007), os níveis de agressividade entre formigas de ninhos diferentes pode ser variado, podendo ser apenas abrir mandíbulas, segurar as pernas da outra operária com a mandíbula e num ato de maior agressividade morder a cabeça da outra operária até a morte. Nesse trabalho, foi analisado somente se havia agressão ou não entre ninhos do mesmo quadrante e ninhos de quadrantes diferentes. Desse modo os parâmetros analisados foram:

- (1) sem agressividade (quando as formigas somente tocavam as antenas, num ato de reconhecimento)
- (2) com agressividade (foi considerado ato agressivo, desde abrir as mandíbulas num ato de repelência à outra operária até morder a cabeça uma da outra ou até a morte de uma delas).

Após o teste de agressividade, como complementação, foram feitas observações nos subninhos de cada ninho, para verificar como é feita a comunicação de um subninho para outro. Para essas observações utilizamos subninhos de ninhos polidômicos. Foram coletadas de cada subninho, com o auxílio de pinças, o maior número possível de operárias que saíam para forragear. Estas foram marcadas no dorso do tórax e do abdômen com caneta de tinta atóxica, segurando os indivíduos pela cabeça entre os dedos envolvidos com fita colante, sob um ponto de luz para melhor visualização. As cores utilizadas foram, vermelho, verde, azul e prata. Para cada subninho foi utilizada uma cor diferente. Após o procedimento os indivíduos ficaram acondicionados em copos plásticos por 10 minutos visando a secagem da tinta. Logo

após, os indivíduos foram devolvidos nos seus respectivos subninhos e as observações de quais cores de formigas que estavam presentes em cada subninho, foi realizada a partir do dia seguinte as liberações, por meio das formigas que saiam para forragear.

Após a realização dos testes de agressividade e da determinação do número de ninhos na área experimental, estes foram escavados, para confirmar a presença de uma ou mais rainhas nas unidades escavadas.

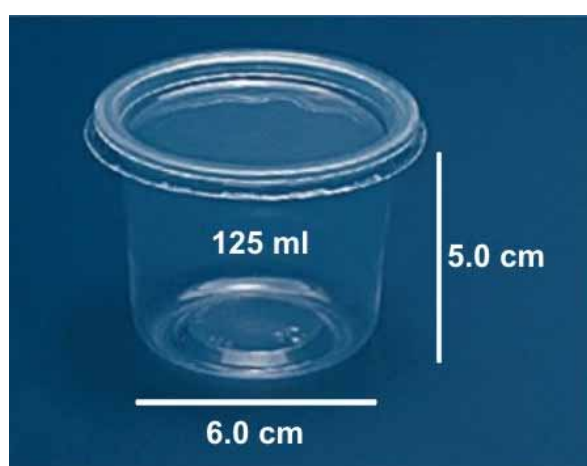


Figura 1. Arena (pote) de 125 ml, utilizada para o teste de agressividade entre operárias de *A. balzani*, em Botucatu, SP, 2009.

3. Resultados e discussão

Foram calculados os valores dos índices de dispersão para a definição do tipo de distribuição espacial das colônias de *A. balzani* na área.

Os valores obtidos em todos os índices de dispersão testados indicam que a distribuição dessa espécie na área estudada é do tipo agregada. (Tabela1).

Em estudos com colônias de *Atta sexdens rubropilosa* e *Atta laevigata* em plantios de *Eucalyptus* spp., Ramos et al. (2003) concluíram que a distribuição espacial mostrou-se agregada. Outros trabalhos foram realizados estudando a distribuição espacial de colônias de *Atta* e colônias de *Acromyrmex* e sugerem também distribuição agregada (Forti & Pereira-da-

Silva, 1979; Gomides & Zanuncio, 1995; Zanuncio et al. 2002; Zanetti et al. 2003; Bucher & Montenegro, 1974; Farji-Brener, 1995; Quiran & Pilati, 1997; Lapointe et al. 1998).

Segundo esses trabalhos esse tipo de distribuição ocorre quando os ninhos de formigas estão na borda da cultura. No entanto, quando os ninhos se encontram na área da cultura, como por exemplo, ninhos de *Acromyrmex crassispinus* encontrados em plantios de *Pinus taeda*, ocorrem de forma aleatória, onde a densidade dos formigueiros é baixa (Nickele, 2008). Porém quando a densidade dos formigueiros é alta, o tipo de distribuição espacial é do tipo regular, fato constatado por Wallof e Blackwith (1962), em um estudo de distribuição espacial para a formiga *Lasius flavus*.

No caso dos ninhos polidômicos, a hipótese é que os subninhos do mesmo ninho tendem a ficarem mais próximos entre si, para que as operárias possam se deslocar de um subninho a outro, com menor risco de serem mortas por inimigos naturais. Se a distância entre eles fosse muito grande provavelmente esse deslocamento se tornaria inviável, devido ao perigo de predação.

Rosengreen e Pamilo (1983) postularam que a polidomia pode reduzir o risco de extinção da colônia. Assim se alguns subninhos fossem destruídos, a colônia poderia ser reconstruída. No entanto, esse recurso poderia ser utilizado somente para formigas que são poligínicas (mais de uma rainha), pois se um subninho fosse destruído, haveria outros para manter a estabilidade da colônia. Esse recurso não se aplica para formigas cortadeiras como é o caso de *A. balzani*, pois só há uma única rainha para toda a colônia. Nesse caso, se o subninho onde se encontra a rainha fosse destruído a colônia se extinguiria, pois sem a presença da mesma a colônia morre.

Por outro lado a vantagem de ser uma colônia polidômica pode aumentar a capacidade de captura de recursos e a diversificação dos mesmos, permitindo o forrageamento em uma área maior e mais perto da colônia diminuindo a exposição aos inimigos naturais. Contudo, somente a vantagem para obter os recursos alimentares não pode explicar alguns traços associados à polidomia, como a sobredensidade de vizinhos da mesma espécie, a existência de distâncias mais curtas e o modo de agregação das colônias (Stevens, 2000).

Na área de 2.500 m², contendo 25 quadrantes de 10x10, foi determinado que havia 7 ninhos distintos, as quais estavam alocadas nos seguintes quadrantes 1, 5, 7, 12, 13, 16 e 25. (Figura 2).

Foram encontradas 7 rainhas em 28 subninhas, apenas em uma dos subninhas não havia a presença da rainha, este apesar de estar alocado em quadrante diferente o mesmo pertencia ao ninho 7, fato observado através do teste de agressividade dos indivíduos, onde não houve agressão, também quando foi escavado este subninho não havia a presença da rainha, o mesmo estava a uma distância de 63 cm do ninho 7.

Os ninhos possuem de 2 a 8 subninhas, tendo em média 4 subninhas cada. Os subninhas de cada ninho tem de 0,92m a 4,12m de distância entre um e outro. No entanto a distância de um ninho para a outro pode ter até 8,12 m.

Os indivíduos de ninhos diferentes, sempre foram agressivos uns com os outros, embora algumas vezes a agressão tenha sido baixa, as operárias de ninhos diferentes apenas se tocavam com antenas e em outras observações somente abriam as mandíbulas, num ato de agressividade.

O fato de se tocarem com as antenas pode estar associado com o reconhecimento de odores da colônia uma vez que cada uma possui seu próprio odor. Ichinose et al. (2007), relatam que os níveis de agressividade entre operárias de ninhos diferentes podem variar, podendo ser apenas um simples gesto das formigas abrirem as mandíbulas como uma forma de detectar a presença de operárias estranhas, como segurar as pernas da outra operária com a mandíbula, e num ato de maior agressividade morder a cabeça da outra operária até a morte. Algumas vezes esses comportamentos foram observados durante a execução do experimento, no entanto não foram quantificados, uma vez que o objetivo era saber se os indivíduos eram agressivos uns com os outros ou não.

Estudos feitos em colônias polidômicas diferentes de *Ectatoma tuberculatum*, revelaram que essa espécie tem a habilidade de discriminar os odores de colônias diferentes (Fénerón et al. 1999) e por esse motivo não formam populações unicoloniais (Zinck et al. 2007). Então, o baixo nível de agressividade entre colônias polidômicas diferentes pode ser explicado pela existência de uma área de forrageamento em comum, assim como também através de interações repetidas entre operárias de colônias vizinhas, que favoreceriam a familiarização e a aprendizagem de odores heterocolônias (Crozier & Pamilo, 1996). No caso de *A. balzani*, possivelmente, o baixo nível de agressividade entre colônias diferentes esteja relacionado ao grau de parentesco dos indivíduos, pois apesar de pertencerem a colônias diferentes, as colônias são da mesma área (região), possivelmente se fossem de regiões

geográficas diferentes, os níveis de agressividade entre indivíduos de colônias diferentes poderiam ser diferenciados.

Quando a agressão não ocorreu, consideramos que os subninhas pertenciam ao mesmo ninho. O fato de não ocorrer agressão entre subninhas do mesmo ninho confirma a hipótese de existência de polidomia em *A. balzani*, onde cada colônia possui vários subninhas fisicamente separados.

Também foi constatada a presença de operárias marcadas, em todos os subninhas de cada ninho. Nos subninhas onde as operárias foram marcadas em prata, havia presença de operárias pintadas em verde, vermelho e azul e vice-versa. Confirmando a ocorrência da troca de operárias de um subninho a outro.

Análises genéticas feitas por Zinck et al.(2007), para *Ectatoma tuberculatum*, sugerem que apesar de colônias polidômicas possuírem ninhas fisicamente separados os mesmos estão conectados através da troca de operárias.

4. Referências

Beugnon G, Chagné P, Dejean A, 2001. Colony structure and foraging behavior in the tropical formicine ant, *Gigantiops destructor*. *Insectes Sociaux*. 48(4): 347-351.

Bucher EH, Montenegro, R. 1974. Hábitos forrajeros de cuatro hormigas simpátridas del género *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae). *Ecología*, v.2, p.47-53.

Crozier RH, Pamilo P, 1996. Evolution of social insect colonies, sex allocation and kin-selection. Oxford: Oxford University Press.

Debout G, Schatz B, Elias M, McKey D, 2007. Polydomy in ants: what we know, what we think we know, and what remains to be done *Biological Journal of the Linnean Society* 90: 319–348.

Farji Brener AG, 1995. Ecology of the leaf-cutting ant *Acromyrmex lobicornis* in Patagonia: Actual distribution, possible expansion routes and effects on the local plant community. In: *International Pest Ant Symposium*, 6. Ilhéus. Anais. Ilhéus: UESC, p.101.

Fénéron R, Nowbahari E, Dutrou F. 1999. Reconnaissance intercoloniale et niveau d'agression chez la fourmi ponérine, *Ectatoma tuberculatum*. *Actes Coll. Insectes Sociaux*, v.12,33-36.

Forti LC, Pereira-da-Silva V, 1979. Distribuição espacial dos ninhos de *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae) em povoamento de *Eucalyptus* spp. In: Jornada Científica da ADC, 8. Botucatu. Resumos. Botucatu: UNESP, 1979. p.12-22.

Giraud T, Pedersen JS, Keller L, 2002. Evolution of supercolonies: the Argentine ants of southern Europe. Proceedings of The National Academy of Sciences of The USA. 99(9): 6075-6079.

Gomides CHF, Zanuncio JC, 1995. Distribuição espacial de ninhos das formigas cortadeiras *Atta laevigata* (F. Smith) e *Atta sexdens rubropilosa* Forel: implicações no controle. In: International Pest Ant Symposium, 6., 1995, Ilhéus. Anais. Ilhéus: UESC, p.186.

Hölldobler B, Wilson EO, 1990. The ants. Cambridge, MA: Belknap Press.

Hölldobler B, Wilson EO, 1977. The number of queens: An important trait in ant evolution. Naturwissenschaften. v. 64, p.8-15.

Ichinose K, Forti LC, Pretto R, Nachman C, Boosma, JJ. 2007. Sex allocation in the polydomus leaf-cutting ant *Acromyrmex balzani*. Ecology Research 22: 288-295.

Nickele MA, 2008. Distribuição espacial, danos e planos de amostragem de *Acromyrmex crassispinus* (Forel, 1909) (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae) em plantios de *Pinus taeda*. L. (Pinaceae) Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Paraná, 111 p.

Lapointe SL, Serrano MS, Jones PG, 1998. Microgeographic and vertical distribution of *Acromyrmex landolti* (Hymenoptera: Formicidae) nests in a neotropical savanna. Environment Entomology, v.27, p.636-641.

Quiran EM, Pilati A, 1997. Distribution of nests of *Acromyrmex lobicornis* (Hymenoptera: Formicidae) in a natural semiarid site in La Pampa, Argentina. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, v.56, p.155-157.

Ramos VM, Forti LC, Andrade APP, Lopes JF. 2003. Densidade e distribuição espacial de colônias de *Atta sexdens rubropilosa* e *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) em área de plantio de *Eucalyptus* spp. In: Simpósio de Mirmecologia, 16., 2003, Florianópolis. Anais. Florianópolis: CCB/UFSC, p.174-176.

Rosengren R, Pamilo P, 1983. The evolution of polygyny and polydomy in mound-building *Formica* ants. Acta Entomologica Fennica 42: 65-77.

Starr CK, 1991. The nest as the locus of social life, p. 520- 539. *In*: K. G. Ross & R. W. Matthews (Eds.). The social biology of wasps. New York, Cornell University Press, XVIII + 678p.

Stevens P, 2000. The ecology of polygyny and polydomy in ants, introductory research essay no. 23. Helsinki: University of Helsinki.

Zinck L, Jaisson P, Hora RR, Denis D, Poteaux C, Doums C, 2007. The role of breeding system on ant ecological dominance: genetic analysis of *Ectatomma tuberculatum*. Behavioral Ecology, v.18, n.4, p.701-708, 2007.

Zanetti R, Caldeira M, Moraes JC, Zanuncio JC, Reis MA, Gomide ML, 2003. Distribuição espacial de saúveiros (Hymenoptera: Formicidae) em eucaliptais. In: Simpósio de Mirmecologia, 16., 2003, Florianópolis. Anais... Florianópolis: CCB/UFSC, p.353-355.

Zanuncio JC, Lopes, ET, Zanetti R, Pratisoli D, Couto L. 2002. Spatial distribution of nests of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) in plantations of *Eucalyptus urophylla* in Brazil. Sociobiology, v.39, n.2, p.231-242.

Wallof N, Blackwith Wallof N, Blackwith RE, 1962. The growth and distribution of the mounds of *Lasius flavus* (Fabricius) (Hymenoptera: Formicidae) in Silkwood Park, Berkshire. Journal of Animal Ecology, v.31, n.3, p.421-437.

Tabela 1. Índices de dispersão para distribuição espacial de formigueiros de *Acromyrmex balzani*.

\bar{x}	s^2	I	I_δ	k	C_x
1,12	4,53	4,04 ^{AG}	3,70 ^{AG}	0,18 ^{AG}	0,09 ^{AG}

\bar{x} : média; s^2 : variância; I : Índice de dispersão razão variância/média; I_δ : Índice de dispersão de Morisita; k : Expoente k da distribuição binomial negativa; C_x : Coeficiente de Green. Tipo de distribuição: ^{AG} agregada; ^{AL} aleatória; ^{RE} regular.

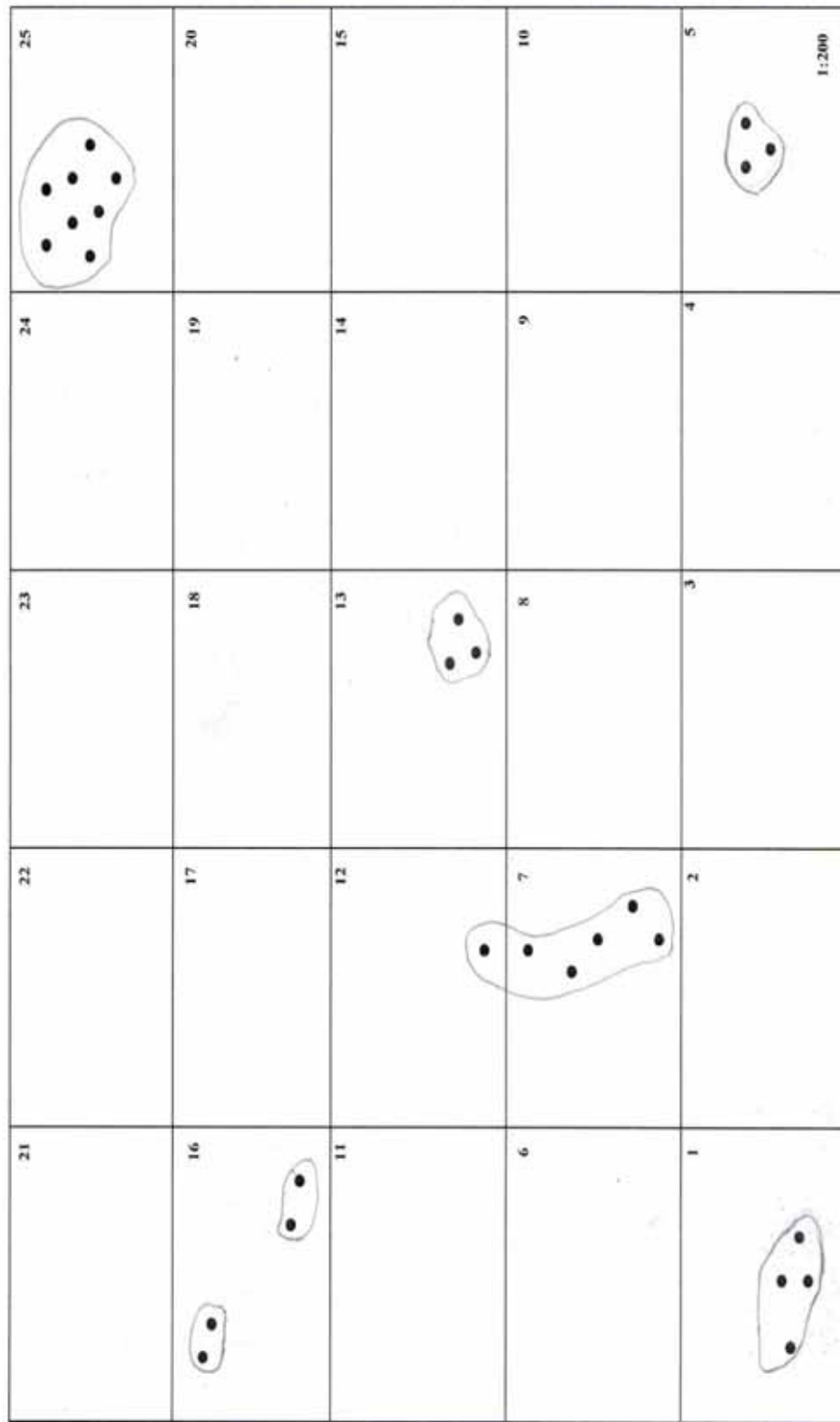


Figura 2. Mapa da área de 2.500 m² utilizada no presente trabalho. Os pontos em negro (●) representam os subinhos dentro de cada quadrante e o circulado representam os ninhos

CAPÍTULO II – ARQUITETURA EXTERNA E INTERNA DOS NINHOS DE *Acromyrmex balzani* Emery, 1890 (Hymenoptera, Formicidae)

Journal of Applied Entomology

Resumo

Acromyrmex balzani Emery 1890, é uma espécie de formiga cortadeira de gramíneas, frequentemente encontrada em áreas de pastagens. Conhecer a arquitetura dos ninhos é um fator importante que pode interferir nos resultados de controle para essas formigas. O presente trabalho teve por objetivo estudar aspectos da arquitetura externa e interna dos ninhos de *A. balzani*, em pastagens na Fazenda Santana, em Botucatu, SP (22^o53'09" S; 48^o26'42" W). Alguns ninhos foram moldados utilizando-se cimento, o que possibilitou uma melhor visualização de estruturas internas, como câmaras e túneis. Outros foram escavados sem moldagem e, para destacar as partes dos mesmos, utilizou-se talco branco neutro. Os ninhos foram escavados por meio da abertura de uma pequena trincheira em volta da abrangência do ninho, escavando-se de fora para dentro e aprofundando de acordo com o aparecimento das

câmaras. Os ninhos apresentaram um orifício de entrada, o qual no inverno possui uma estrutura de palha e outros resíduos vegetais, formando um tubo com uma ou mais saídas. Quando presente o monte de terra solta, se encontra de 6 a 48 cm de distância do orifício. O número de câmaras encontradas com fungo variou de uma a cinco, sendo a primeira encontrada há poucos centímetros do nível do solo (4 cm) e a última até a profundidade máxima de 160 cm. O comprimento dos túneis variou de 12 até 28 cm, os quais são construídos na posição vertical ou inclinados, conduzindo às câmaras. Foram encontradas câmaras com fragmentos vegetais ainda verdes, que possivelmente, servem de reserva estratégica para alimentar o fungo. Não foram encontradas câmaras de lixo, sendo o mesmo depositado externamente.

Palavras Chave: formiga cortadeira, canais, câmaras.

1. Introdução

A arquitetura do ninho é um fator importante para o desenvolvimento das colônias de formigas, sendo, portanto construídos tipos de ninhos específicos para cada espécie, os quais podem ser menos elaborados como os de superfície ou mais complexos como os subterrâneos ou arborícolas (Hölldobler e Wilson, 1990). Este tema foi estudado por poucos pesquisadores, destacando-se os trabalhos com espécies de *Atta* realizados por Eidmann (1932), Sthael e Geijskes (1939), Autouri (1942), Jacoby (1950), Bonetto (1959), Jonkman (1980a), Forti (1985), Moreira (2004 a, b), Pretto (1996), sendo que em alguns casos utilizou-se a técnica de moldagem dos canais e câmaras com cimento.

Os ninhos de *Atta* e *Acromyrmex* são os mais elaborados dentre aqueles feitos pelas formigas; porém, são diferentes e variam na morfologia e no tamanho entre eles e até mesmo entre as espécies do mesmo gênero.

A arquitetura externa e interna dos ninhos de *Atta* está relacionada com a ecologia e o comportamento destas formigas, visto que os ninhos são considerados organismos e os indivíduos comportam-se de forma a favorecer o desenvolvimento e especialização dos mesmos (Wilson, 1975). Para este gênero, os ninhos variam na sua complexibilidade interna, são maiores, chegando a possuir em média oito milhões de indivíduos podendo alcançar até

sete metros de profundidade. O número de câmaras varia de centenas a milhares e sempre há montes de terra solta na superfície externa (Weber, 1972; Fowler et al. 1986; Della Lucia e Moreira, 1993; Moreira et al. 2004 a, b).

Já os ninhos das espécies de *Acromyrmex* são menores com uma média de 175.565 indivíduos e, quando subterrâneo, chega a atingir uma profundidade de 5 m. O número de câmaras varia de 1 a 26 e algumas espécies constroem seus ninhos superficiais cobertos por palhas e resíduos vegetais, enquanto que outras os fazem subterrâneos, podendo ser cobertos de terra solta ou, às vezes, inconspícuos (Gonçalves, 1961, 1964; Pereira-da-Silva et al. 1981; Navarro & Jaffé, 1985; Della Lucia & Moreira, 1993; Andrade, 2002; Forti et al. 2006; Verza et al. 2007).

A principal função estrutural do ninho é proteger a rainha, a prole e os adultos dos inimigos naturais e de outros perigos, além de favorecer as condições microclimáticas apropriadas para a manutenção da colônia e para o cultivo do fungo simbiote, quando se trata de formigas da Tribo Attini (Roces & Kleineidam, 2000; Bollazi & Roces, 2002; Moreira et al. 2004 a, b).

A forma de deposição da terra solta, juntamente com o sistema de ventilação do ninho, garante a alta umidade interna das câmaras (90%) observada em ninhos de *Atta vollenweideri*, em áreas abertas (Kleineidam e Roces 2000). O volume de terra solta é outra característica de grande importância no estudo da arquitetura de colônias; entretanto é pouco valorizada pelos pesquisadores. O volume interno do ninho, determinado pela somatória dos volumes das câmaras (Jonkman, 1980; Forti, 1985; Mccahon e Lockwood, 1990) é um fator relevante para a comparação com o volume de terra solta. Em decorrência dessa importância, Moreira e Forti (1999), estudando ninhos de *A. laevigata*, concluíram que a área de terra solta não fornece uma idéia real do tamanho do ninho e que, portanto, a sua utilização para cálculo da dosagem de formicidas pode interferir na eficiência do controle, principalmente através de subdosagem.

Conforme os trabalhos de Tschinkel (1987, 1999a, 1999b, 2003, 2005), Mikheyev e Tschinkel (2004) e Moreira et al. (2004 a, b), a arquitetura interna dos ninhos das formigas consiste de dois elementos básicos: eixos mais ou menos verticais e câmaras mais ou menos horizontais. Variando na forma, tamanho, número e o arranjo dos elementos básicos causado pela típica arquitetura de diferentes espécies. Observações realizadas por Sudd (1982)

ênfatisam a importância da função dessas construções, não apenas de ninhos de formigas, mas também de outros insetos sociais, bem como para proteger seus descendentes e a rainha dos inimigos naturais e outros perigos, para controle da distribuição da fonte de alimento entre descendentes, e controle microclimático.

As formigas cortadeiras apresentam uma grande especialização na construção dos ninhos. As espécies e subespécies de *Acromyrmex*, por exemplo, confeccionam ninhos que apresentam variações tanto na estrutura quanto na forma, e estes podem, às vezes, contribuir para a identificação das mesmas (Gonçalves 1967; Pacheco e Berti Filho, 1987; Forti et al. 2006). Estes ninhos são pequenos e geralmente apresentam uma ou poucas câmaras (Gonçalves, 1961; Gonçalves, 1964; Fowler, 1979).

A estrutura externa dos ninhos das formigas cortadeiras é bastante variável, podendo apresentar desde montes de terra solta até tubos de palhas e gramíneas. Possuem características diferentes, variando de espécie para espécie, podendo ser monte de terra solta, monte de cisco ou palha, coberto por restos de vegetais amontoados ou simplesmente não ter nada aparente, apenas apresentam os orifícios de entrada de substratos ou de saída para o forrageamento ou ainda orifícios de retirada do solo escavado pelas operárias (Gonçalves, 1964; Della Lucia e Moreira, 1993).

Acromyrmex balzani apresenta ninhos de tamanho reduzido, formados por 2 a 4 câmaras subterrâneas superpostas, ligadas entre si. Essa ligação com a superfície é feita por meio de um canal vertical. A cultura do fungo se desenvolve sobre pedaços de gramíneas não muito recortadas, que medem de 2 a 5 mm de comprimento (Gonçalves, 1961). A primeira câmara de fungo pode ser encontrada mais ou menos a 5 cm de profundidade no solo, já a segunda é localizada 10 e 20 cm, enquanto que a 3ª câmara pode ser encontrada de 35 a 60 cm de profundidade. A rainha dessa espécie geralmente é encontrada na última câmara de fungo, a qual pode ter 10 cm de diâmetro e 6 cm de altura. A população do ninho é baixa, sendo composta por um número pequeno de operárias adultas (Gonçalves, 1961).

Externamente, os ninhos de *A. balzani* apresentam tubos de palha simples à cerca de 20 cm do olheiro, há um monte de terra escavado, semelhante à meia cratera de saueiro. Outros apresentam monte de terra solta na forma de semicírculo ao lado do olheiro (Gonçalves, 1961).

Com relação à escavação, os ninhos de formigas são ainda pouco estudados e a maioria dos trabalhos apenas descreve a estrutura dos ninhos, trazendo poucas informações a respeito de sua arquitetura (Tschinkel, 2004).

Em descrições mais detalhadas dos ninhos, alguns pesquisadores utilizaram técnicas de moldagem interna dos ninhos com gesso dental, zinco, alumínio e outros métodos de reconstituição (Tschinkel, 2003, 2004, 2005; Mikheyev & Tschinkel, 2004; Halley et al. 2005; Moser, 2006).

No entanto, em particular para formigas cortadeiras, a técnica mais utilizada para a reconstrução dos ninhos é a moldagem com cimento, onde uma calda com cimento e água é colocada nos orifícios de entrada dos ninhos. Essa técnica já foi utilizada para *Atta* (Jacoby, 1935, 1950; Moreira et al. 2004 a, b), e em *Acromyrmex*, foi utilizada pela primeira vez, por Verza, et al., 2007, em ninhos de *Acromyrmex rugosus rugosus*.

Apesar de vários relatos a respeito do estudo de arquitetura dos ninhos abordando as estruturas externas e internas dos ninhos de formigas cortadeiras, com relação às espécies de *Acromyrmex*, essas estruturas ainda são pouco conhecidas dentro do gênero. Assim, o presente trabalho teve como objetivo conhecer a estrutura externa e interna dos ninhos de *Acromyrmex balzani*, por meio de moldagem com cimento.

2. Material e Métodos

2.1 Estudo geral dos ninhos

Para este estudo de arquitetura, foram moldados e escavados ninhos de *Acromyrmex balzani* contendo subninhos, com diferentes dimensões quanto à área de terra solta e diâmetro do orifício. Alguns ninhos foram moldados utilizando-se cimento, o que possibilitou uma melhor visualização das estruturas internas, como câmaras e túneis. Outros ninhos foram escavados sem moldagem e para destacar as estruturas que compõe esses ninhos utilizou-se talco branco neutro. A área experimental escolhida para estas escavações foi a Fazenda Santana, localizada nas proximidades da Fazenda Lageado - Unesp FCA, em Botucatu, SP, Brasil (225309 S; 482642W), no período de 2008/2009.

Foram estudadas as estruturas externas e internas dos ninhos, bem como a deposição de terra solta, diâmetro dos orifícios, forma de ocorrência do ninho e local de nidificação.

2.2 Técnica de escavação

Os ninhos foram escavados por meio da abertura de uma pequena trincheira em volta da abrangência do ninho, escavando-se de fora para dentro e aprofundando de acordo com o aparecimento das câmaras. Assim que encontradas as câmaras, foi polvilhado talco branco neutro para melhor visualização das mesmas. Estas foram quantificadas, fotografadas e efetuadas as medidas de profundidade em relação ao solo, comprimento, altura e largura.

Alguns ninhos foram moldados com cimento (Figura 1), para uma melhor visualização das estruturas que os compõem, o que proporcionou um melhor estudo da arquitetura dos mesmos. Para a moldagem foi utilizada uma mistura de cimento e água na proporção (2:10; KG: L), colocada nos orifícios de cada ninho, seguindo metodologia semelhante à de Jacoby (1935), Moreira (1996, 2001) e Verza (2007) .



Figura 1. Moldagem dos ninhos com cimento.

A escavação dos ninhos preenchidos com cimento foi feita uma semana depois da colocação da suspensão nos orifícios dos ninhos, utilizando ferramentas pequenas e manuais para evitar a destruição dos mesmos.

Após a escavação os ninhos foram fotografados e realizaram-se as seguintes medidas em relação às câmaras e túneis: dimensões (largura, altura e comprimento), profundidade em relação à superfície do solo.

2.3 Análises dos dados

De posse dos dados registrados, calculou-se a média, desvio padrão e o alcance máximo e mínimo, das medidas das câmaras.

3. Resultados

3.1 Arquitetura externa

Verificou-se que as colônias de *Acromyrmex balzani*, possuem vários subninhos subterrâneos, que são relativamente pequenos para o gênero *Acromyrmex*. Os mesmos são compostos por poucas câmaras. Externamente apresentam um único olheiro, de formato irregular sob o solo, cujo diâmetro variou de 1,0 á 2,5 cm, tendo em média 1,2 cm (Tabela 1).

Nos meses mais quentes do ano, (janeiro e fevereiro) ocorre próximo ao orifício de entrada, um monte de terra solta, retirada dos túneis e galerias, formando montículos de terra. Fora dessa época foi possível observar somente o orifício de entrada, com ou sem tubo de palha na entrada, o que dificulta a localização dos mesmos (Figura 2).

Quanto à distância de deposição de terra solta em relação ao orifício, quando essa era observada, teve variação 6 a 48 cm, com média de 16,5 cm (Tabela 1).

As medidas de comprimento largura e altura dos montes de terra solta observados nos ninhos de *A. balzani* tiveram em média 10,1 8,3 e 2,2 cm respectivamente (Tabela 1).

3.2 Arquitetura interna

As câmaras são superpostas e distribuídas verticalmente, ligadas por um único canal. Com relação ao formato, este é arredondado ou oval, apresentando contornos irregulares e algumas vezes apresentavam a parte interna lisa.

As dimensões das câmaras foram variáveis quanto à altura (2 a 13 cm), largura (3 a 15 cm) e comprimento (4,5 a 14 cm), apresentando diferenças entre os ninhos (Tabela 2). Nos ninhos moldados com cimento, não foi possível medir o comprimento das câmaras.

A profundidade das câmaras em relação ao solo, também teve variação, sendo que a primeira câmara variou de 4 a 26 cm e a última de 30 a 160 cm.

O número de câmaras por subninho variou de 2 a 5 (Tabela 2). Os túneis são cilíndricos, regulares e curtos, tendo uma variação dos mesmos entre as câmaras, podendo ser de 4,0 até 135,0 cm de comprimento e ter de 0,6 a 2,5 cm de largura. As médias do

comprimento e largura dos túneis estão na Tabela 3. Somente o último túnel que levava a última câmara do ninho geralmente era mais longo.

Do orifício de entrada até a primeira câmara há um pequeno túnel inicial geralmente curto e mais largo que os demais (2,5 cm). Esse levava à primeira câmara de fungo, localizada logo abaixo o orifício de entrada.

Todos os ninhos escavados foram pouco profundos, variando de 30 cm até 160 cm de profundidade (Figura 3).

Nos ninhos moldados com cimento, não foram encontradas ligações laterais internas por canais de um subninho a outro.

3.3 Formas de ocorrência do ninho, local de nidificação e deposição de lixo

Observou-se que os ninhos de uma mesma colônia ocorrem próximos uns dos outros (0,92 m à 4,12m); porém, de uma colônia à outra a distância é maior, podendo chegar a 8,10 m. Os ninhos são encontrados de forma agregada em pastagens de *Brachiaria* e *Paspalum sp.* podendo ser compostos de 1 a 8 subninhos (Figuras 4 a 14 do Anexo).

Durante o período de estudo, sempre foi encontrado deposição de lixo fora do ninho, localizado próximo ao monte de terra solta, ou ao lado do orifício. Essa deposição era composta de fragmento vegetal exaurido, o qual foi utilizado para o cultivo do fungo e formigas mortas. A maior intensidade da deposição de lixo foi observada entre os meses de janeiro à julho; porém, durante todo o período desse estudo foi possível observar a deposição do mesmo.

4. Discussão

A arquitetura externa dos ninhos dessa espécie possui padrão típico, sendo que externamente as colônias apresentam um único olheiro de forma irregular e de tamanho variado. Em algumas épocas do ano, geralmente no verão, é possível observar um monte de terra solta, próximo ao olheiro proveniente dos túneis e galerias. Esses dados estão de acordo com aqueles descritos por Mendes et al. (1992) para a mesma espécie, na região de Coimbra, Zona da Mata Minas Gerais. Porém, nos períodos mais frio do ano, (junho a agosto), não

havia a deposição de terra solta, próximo ao olheiro. Pimenta et al. (2007) também relatou que nos períodos secos do ano, principalmente nos meses de agosto, setembro e outubro, também não era observado a típica torre de palha na entrada dos ninhos. Segundo esses autores a entrada do ninho era caracterizada pela presença de fragmentos vegetais secos e pequenos torrões de solo, o que não ocorreu nesse estudo. Gonçalves (1961) fez um levantamento dessa espécie em diferentes estados do país e observou o tubo de palha somente em algumas regiões.

Com essa abordagem, possivelmente a deposição de terra solta esteja relacionada às diferentes regiões climáticas, tipo de solo e local de nidificação. Assim essa espécie depositaria terra solta somente quando as condições do ambiente tivessem favoráveis, não depositando nos períodos mais frios e secos do ano, pois nessa época a colônia diminui suas atividades para economizar energia, em função da escassez do alimento no período.

Acromyrmex balzani tem um ninho subterrâneo pouco complexo, com sistema definido de túneis e câmaras. Esses ninhos são relativamente pequenos quando comparados aos de outras espécies do gênero *Acromyrmex*.

O ninho construído por estas formigas não possuem ligações internas por canais, ao contrário de *A. rugosus rugosus*, onde apenas uma só câmara pode estar conectada por vários túneis com diferentes tamanhos, podendo ser tanto verticais quanto horizontais e esses túneis passam ao lado das câmaras ramificando-se e dando origem à túneis mais curtos (Verza et al. 2007). Já em espécies de *Atta*, a comunicação interna na colônia é realizada por meio de uma rede de canais (Moreira et al. 2004). No caso de *A. balzani*, verificou-se que esta comunicação entre subninhos de uma colônia, é feita pelas operárias que caminham de um orifício ao outro na parte externa dos ninhos e, nesse caso, a rainha permaneceria somente em um dos subninhos, junto com a prole.

Do orifício de entrada até a primeira câmara há um pequeno canal inicial geralmente curto e mais largo que os demais túneis encontrados, tendo em média 1,2 cm de diâmetro e 15,5 cm de comprimento. Esse canal liga o orifício de entrada até a primeira câmara. Os ninhos escavados apresentaram profundidade variando de 30 cm à 1,60m com 1 a 5 câmaras, sendo o número mais frequente igual a 3. Nossos dados coincidem com os de Mendes et al. (1992), na região da Zona da Mata (MG), e com os de Pimenta et al. (2007) quanto ao número de câmaras, os quais tiveram uma variação de três a seis câmaras, mas é diferente daquele citado por Silva et al. (2003) na região sudoeste da Bahia, que encontraram ninhos com até 14

câmaras. A diferença no número de câmaras de um local pra outro, possivelmente está relacionada com o clima de cada região, tipo de solo e local de nidificação dessa espécie.

Com relação à disposição das câmaras, estas estavam sempre superpostas e ligadas por um único canal vertical, ao contrário, por exemplo, do que ocorre em *Acromyrmex rugosus rugosus*, onde muitas vezes observam-se câmaras com aberturas laterais levando a outra câmara normalmente com fungo (Gonçalves, 1961; Verza et al. 2007). O número de ninhos escavados permitiu observar que a morfologia das câmaras nos diferentes ninhos é semelhante, esse fato sugere que esta espécie de formiga tem um padrão único de confecção de seus ninhos. A variação do número de câmaras, provavelmente deve estar associada à idade da colônia.

Na maioria das câmaras foi encontrada massa fúngica e operárias; no entanto, formas imaturas (ovos, larvas e pupas) só foram encontradas nas câmaras onde estava presente a rainha, que na maioria das vezes em ninhos mais profundos, estava localizada na última câmara. Pimenta et al. (2007) relatam que na primeira câmara não é encontrada massa fúngica. No presente trabalho também havia câmaras vazias, mas nem sempre era a primeira e o número destas, era variável.

Em alguns ninhos escavados no período de junho a setembro de 2009, não foram encontradas formas imaturas nos ninhos (larvas e pupas), existindo apenas operárias adultas. Em algumas câmaras escavadas, a quantidade de fungo era muito pequena. Esses dados estão de acordo com Ichinose et al. (1995), que concluíram que *A. balzani*, divide seu ciclo biológico em duas estações do ano, uma com a população de imaturos e outra somente com adultos. No período em que a produção de formas imaturas é mais intensa, há também maior quantidade de fungo cultivado (6 a 7 g de peso seco); em outras épocas a quantidade de fungo cultivado chega somente a 3 g.

Esta espécie de *Acromyrmex* não possui câmaras de lixo, sendo este disposto externamente como observado durante todo o período de estudo. A deposição de lixo externamente também é encontrada em outras espécies de *Acromyrmex*, como é o caso de *A. coronatus*, *A. fracticornis*, *A. hispidus*, *A. landolti*, *A. lobicornis*, *A. lundii pubences*, *A. striatus* e *A. subterraneus* (Bonetto, 1959; Gonçalves, 1961; Zolessi e Abenante, 1973; Zolessi e Gonzalez, 1974; Fowler, 1979; Navarro & Jaffé, 1985; Pereira da Silva et al. 1981; Della Lucia & Moreira, 1993; Farji-Brener, 2000; Andrade, 2002).

A distribuição do fungo nas câmaras ocorre de forma irregular, podendo este ser encontrado na parte superior da câmara, sustentada por raízes, como também na parte inferior. Mendes et al. (1992) observaram o mesmo para essa espécie.

5. Referências

Andrade APP, 2002. Biologia e Taxonomia Comparadas das subespécies de *Acromyrmex subterraneus* Forel, 1893 (Hym., Formicidae) e contaminação das operárias por iscas tóxicas. Dissertação (Doutorado em Ciências Biológicas/Zoologia)-Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Autuori M, 1942. Contribuição para o conhecimento da saúva (*Atta spp.*) (Hymenoptera: Formicidae). III - Escavação de um sauveiro (*Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908). Arquivo Instituto Biológico. v. 13: p.137 – 148.

Bollazi M, Roces F, 2002. Thermal preference for fungus culturing and brood location by workers of the thatching grass-cutting ant *Acromyrmex heyeri*. *Insectes Sociaux*. 49: 153-157.

Bonetto A, 1959. Las hormigas “cortadoras” de la provincia de Santa Fé_ (Generos: *Atta* y *Acromyrmex*). *Dirección General de Recursos Naturales*, n.2, p.17-26.

Della Lúcia TMC, Moreira DDO, 1993. Caracterização dos ninhos. In: DELLALÚCIA, T.M.C. (Ed) As formigas cortadeiras. Viçosa: Folha de Viçosa, p.32-42.

Eidmann H, 1932. Beiträge zur Kenntnis der Biologie, insbesondere des Nestbaues der Blattschneiderameise *Atta sexdens* L. *Z. Morphol. Oekol. Tiere*, v.25, p. 154-183.

Farji-Brener AGF. 2000. Leaf-cutting ant nests in temperature environments: mounds, mound damage and nest mortality rate in *Acromyrmex lobicornis*. *Stud. Neotrop. Fauna Environm.*, v.35, p.131 -8.

Forti LC, 1985. Ecologia da Saúva *Atta capiguara* Gonçalves 1944 (Hymenoptera: Formicidae) em pastagem. Dissertação (Doutorado em Entomologia)- ESALQ - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

Forti LC, Andrade ML, Andrade APP, Juliane FSL, Ramos VM, 2006. Bionomics and identification of *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) through an illustrated key. *Sociobiology* 48: 135 – 153.

Fowler HG, Robinson SW, 1979. Foraging by *Atta sexdens*: seasonal patterns caste and efficiency. *Economic Entomology*, 4: 239-247.

Fowler HG, Pereira da Silva, V., Forti LC, Saes, NB, 1986. Population dynamics of leaf-cutting ants: a brief review. In: Lofgren, C.S., Vandemeer, R.K. (EDS) *Fire ants and leaf-cutting ants*. Boulder: Westview. p.123-45.

Gonçalves CR, 1961. O gênero *Acromyrmex* no Brasil (Hymenoptera, Formicidae). *Studia Entomológica*. 4: 113-180.

Gonçalves CR, 1964. As formigas cortadeiras. *Boletim de Campo*, Rio de Janeiro, v.20, n.181, p.7-23.

Gonçalves CR, 1967. *Acromyrmex multiconodus* (Forel, 1901), sinônimo de *Acromyrmex niger* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). *Revista Brasileira Entomologia*. São Paulo, v.12, p.17-20.

Halley JD, Burd M, Well P, 2005. Excavation and architecture of Argentine ant nests. *Insectes Sociaux*. 52:350-356.

Hölldobler B, Wilson EO, 1990. *The ants*. Cambridge: Harvard University Press. p.133-154.

Ichinose K, Forti LC, Pretto DR, 1995. Ciclo biológico anual de *Acromyrmex balzani*, Em Botucatu, SP, Brasil. *Anais do 15º Congresso de Entomologia*, Caxambu, MG. Pg. 146.

Jacoby M, 1950. A arquitetura do ninho: In: *A saúva: uma inteligência nociva*. (Jacoby M., Ed), Serviço de Informação Agrícola, Rio de Janeiro, Brasil. p. 21-31.

Jacoby M, 1935. Erforschung der struktur des *Atta* – Nestes mit Hülfe des Cementausguss – Verfahrens. *Rev. Entomol.*, v.5, p.5 – 420.

Jonkman JCM, 1980a. The external and internal structure and growth of nests of the leaf cutting ant *Atta vollenweideri* Forel, 1893 (Hym: Formicidae): Part I. *Sonderdruck Aus. Bd.*, v.89, p.158 -73.

Kleneidam C, Roces F, 2000. Carbon dioxide concentrations and nest ventilation in nests of the leaf-cutting ant *Atta vollenweideri*. *Insectes Sociaux*, v.47, p.241-248.

Mendes WBA, Freire JAH, Loureiro MC, Nogueira SB, Vilela EF, Della Lucia TMC, 1992. Aspectos ecológicos de *Acromyrmex* (Moellerius) balzani (Emery, 1890) (Formicidae: Attini) no município de São Geraldo, Minas Gerais. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v. 21, p. 155-168.

Mikheyev AS, Tschinkel WR, 2004. Nest architecture of the ant *Formica pollidefulva*: Structure, costs and rules of excavation. Insect. Science. 51: 30-36.

Moreira AA, Forti LC, Andrade APP, Boaretto MAC, Lopes JFS, 2004a. Nest Architecture of *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). Studia Neotropical Fauna Environ. 39: 109-116.

Moreira AA, Forti LC, Boaretto MAC, Andrade APP, Lopes JFS, Ramos VM, 2004b. External and internal structure of *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera: Formicidae) nests. Journal of Applied Entomology. 128: 204-211.

Moreira AA, Forti LC, 1999. Comparação entre o volume externo e interno de ninhos de *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae). Revista Árvore, v.23, p.355-358.

Moser JC, 2006. Complete Excavation and Mapping of the Texas leaf cutting ant nest. Ann. Entomol. Soc. Am. 99: 891- 897.

Mccahon TJ, Lockwood JA, 1990. Nest architecture and pedoturbation of *Formica obscuripes* Forel (Hym: Formicidae). Pan. Pac. Entomol., v.66, p.147 – 56.

Navarro JG, Jaffé K, 1985. On the adaptive value of nest features in the grass – cutting ant *Acromyrmex landolti*. Biotropica, v.17, p.347-8.

Pacheco P, Berti-Filho E, 1987. Formigas quenquéns. In: _____ (eds) *Formigas cortadeiras e o seu controle*. Piracicaba p. 3-17.

Pereira-da-Silva V, Forti LC, Cardoso LG, 1981. Dinâmica populacional e caracterização de ninhos de *Acromyrmex coronatus* (Fabricius, 1804) (Hymenoptera: Formicidae). Revista Brasileira Entomologia. v.25, n.2, p.87-93.

Pretto DR, 1996. 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. p.110. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências. Botucatu.

Pimenta LB, Araújo MS, Lima L, Silva JMS, & Naves VGO, 2007. Dinâmica de forrageamento e caracterização de colônias de *Acromyrmex balzani* (Emery, 1890) (Hymenoptera: Formicidae) em ambiente de cerrado goiano. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*. 9: 1-12.

Roces F, Kleineidam C, 2000. Humidity preference for fungus culturing by workers of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*. *Insectes Sociaux*. 47: 348-350.

Silva KS, Boaretto MAC, Forti LC, Moreira AA, Khouri CR, Lemos OL, Ribeiro AEL, Viana AES, 2003. Arquitetura e ninhos de *Acromyrmex* (Moellerius) *balzani* (Hymenoptera, Formicidae). In: XVI Simpósio de Mirmecologia, Florianópolis, Anais, p.165-167.

Sudd JH, 1982. Ants: foraging, nesting, brood behavior, and polyethism. In: *Social Insect*, 4, (Hermann H.R., Ed) Academic Press, New York. Pp 107-155.

Stahel G, and Geijskes D, C 1939. Uber den Bau der Nester von *Atta cephalotes* L.und *Atta sexdens* L. *Revista Entomologia*. v.10: p.27 – 78.

Tschinkel WR, 1987. Seasonal life history and nest architecture a winter-active ant, *Prenolepis imparis*. *Insectes Sociaux* v.34, 143–164.

Tschinkel WR, 1999a. Sociometry and sociogenesis of colonies the harvester ant, *Pogonomyrmex badius*: distribution workers, brood and seeds within the nest in relation colony size and season. *Ecological Entomology*. v.24, p.222- 237.

Tschinkel WR, 1999b. Sociometry and sociogenesis of colony-level attributes of the *Florida harvester* ant (Hymenoptera, Formicidae). *Annals of the Entomological Society America* v.92, p.80–89.

Tschinkel WR, 2003. Subterranean ant nests: trace fossils past and future? *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol*. 192:321-333.

Tschinkel WR, 2004. The nest architecture of the Florida harvester ant, *Pogonomyrmex badius*. *Journal Insect Science*. 4: 1-19.

Tschinkel WR, 2005. The nest architecture of the ant *Camponotus socius*. *Journal Insect Science*. 5: 1- 18.

Verza SS, Forti LC, Lopes JFS, Hughes WO, 2007. Nest Architecture of the leaf cutting ant *Acromyrmex rugosus rugosus*. *Insect. Soc.*

Weber NA, 1972. *Gardening ants: the Attines*. Mem. Am. Philos. Soc., Philadelphia. 146 pp

Wilson, EO, 1975. *The new synthesis*. Harvard University Press, Cambridge, MA. 697 pp. Sociobiology.

Zolessi LC, Abenante YP, 1973: Nidificación y mesoetología de *Acromyrmex* en el Uruguay. III. *Acromyrmex* (A.) *hispidus* Santschi, 1925 (Hymenoptera: Formicidae). Revista de Biología do Uruguay 1(2), 151-165.

Zolessi LC, González LA, 1974: Nidificación y mesoetología de *Acromyrmex* en el Uruguay. II. *Acromyrmex* (A.) *lobicornis* (Emery, 1887) (Hymenoptera: Formicidae). Revista de Biología do Uruguay 1(1), 37-54.

Tabela 1. Número e dimensões (média, desvio padrão), das estruturas externas dos ninhos de *Acromyrmex balzani*.

Ninhos	Subninhos	Medidas externas					Distancia do monte de terra solta até o olheiro:
		Comprimento terra solta:	Largura terra solta:	Altura do monte de terra solta:	Diâmetro Orifício		
1	1	20	16,2	3,5	1,3	10	
2	1	20	16	4	2,5	14	
	2	21	12	5	2,4	48	
3	1	8	17	2,5	0,7	32	
	2	17	14	3,8	1,2	13	
	3	23	14	2,8	0,9	30	
4	1	18,2	14,3	4,7	1,2	14,8	
5	1	10,3	10,4	5,3	1,1	35	
6	1	0	0	0	0,7	10	
	2	0	0	0	1,2	0	
	3	0	0	0	1	11	
	4	0	0	0	1,3	6	
	5	0	0	0	1	6	
	6	0	0	0	0,5	10,5	
	7	16	14,5	3,5	2	0	
	8	0	0	0	0,9	20	
7	1	18	12	2	1,3	20	
Soma		171,5	140,4	37,1	21,2	280,3	
Média		10,1	8,3	2,2	1,2	16,5	
D.P.		9,39	7,3	2,05	0,56	63,45	

Tabela 2. Número e dimensões (média, desvio padrão e amplitude) das câmaras e profundidade máxima dos ninhos de *Acromyrmex balzani*, marcados com cimento.

Ninhos	Sub-ninhos	N° de Câmaras	Câmaras						Profundidade total do ninho (cm)	N° total de câmaras em cada ninho
			Média ± D.P.	Amplitude	Profundidade em relação ao solo (cm)	Altura (cm)	Largura (cm)	Amplitude		
1	1.1	2	19,8 ± 13,1	10,5 - 29	5,5 ± 2,1	4-7	7,8 ± 1,8	6,5 - 15,5	46	2
2	2.1	3	25,7 ± 12,3	12 - 36	8,5 ± 4,3	4,5-13	8,2 ± 2,8	5,5 - 11	49	6
	2.2	3	32,7 ± 31,1	12 - 36	5,0 ± 2,6	4,5-13	6,3 ± 2,3	5,5 - 11	78	
	3.1	5	19,9 ± 16,8	8 - 140	10,4 ± 1,9	8-2,5	11,0 ± 2,7	8,5 - 15	1,43	
3	3.2	3	10,1 ± 16,0	9 - 120	9,0 ± 2,6	6-11	6,3 ± 2,1	6 - 10	1,30	11
	3.3	3	16,7 ± 17,7	13 - 120	8,7 ± 1,3	7,5-10	9,0 ± 4,0	5 - 13	1,35	
4	4.1	3	26,2 ± 16,2	12,5 - 44	5,0 ± 2,6	3-8	6,7 ± 1,2	6 - 8	49,5	3
5	5.1	2	22,3 ± 13,8	12,5 - 32	4,0 ± 0	4 - 4	7,5 ± 3,5	5 - 10	41	2
6	6.1	4	26,1 ± 21,7	6,5 - 55	5,5 ± 2,6	2 - 8	7,0 ± 2,9	4 - 10	90	33
	6.2	4	27,5 ± 16,3	13 - 48	7,3 ± 1,0	6 - 8	9,6 ± 2,4	6,5 - 12	56	
	6.3	4	37,5 ± 31,6	13 - 82	5,9 ± 3,8	2 - 6	8,0 ± 4,2	3 - 12	91	
	6.4	4	39,8 ± 35,9	9 - 90	6,3 ± 1,0	5 - 7	6,8 ± 2,2	5 - 10	96	
	6.5	5	17,0 ± 7,8	8 - 25	4,2 ± 1,3	3 - 6	7,3 ± 2,7	4 - 10	30	
	6.6	5	14,5 ± 9,8	6 - 30	5,5 ± 2,9	2,5 - 9	5,6 ± 3,2	3 - 11	38	
	6.7	3	20,0 ± 24,4	12 - 60	3,2 ± 1,5	4 - 7	5,1 ± 2,2	6 - 10	62	
	6.8	4	40,0 ± 28,9	10 - 75	6,8 ± 2,2	5 - 10	7,3 ± 2,2	4 - 9	85	
7	7.1	3	29,7 ± 16,2	15 - 47	5,3 ± 0,6	5 - 6	8,0 ± 2,0	6 - 10	47	3

Tabela 3. Número e dimensões (média, desvio padrão e amplitude) dos túneis internos dos ninhos de *Acromyrmex balzani*, moldados com cimento (medida dos túneis entre as câmaras).

Ninhos	Sub-ninhos	Nº de Túneis	Túneis			Nº total de túneis por ninho
			Comprimento (cm)	Largura (cm)	Amplitude	
			Média ± D.P.	Média ± D.P.	Amplitude	
1	1.1	3	12,3±5,9	0,8±0,3	0,6-1,1	3
2	2.1	3	12,5±3,1	0,6±0	0,6	6
	2.2	3	23,2±19,6	0,8±0,4	0,6-1,3	
3	3.1	3	29,8±40,9	0,6±0,6	0,6-1,1	9
	3.2	3	37,0±40,1	0,4±0	0,6	
	3.3	3	35,2±33,8	1,6±0,5	1,3-2,2	
4	4.1	3	10,5±5,6	1,1±0	1,1	3
5	5.1	2	13,5±2,1	1,2±0	1,2	2
6	6.1	5	12,8±8,1	1,6±0,8	1,2-3,1	31
	6.2	5	10,0±6,1	1,2±0	1,2	
	6.3	4	19,0±14,2	1,5±0,7	1,1-2,5	
	6.4	4	19,8±18,6	1,4±0,6	1,1-2,2	
	6.5	4	9,3±3,9	1,3±0,4	1,1-2,0	
	6.6	2	11,0±7,1	1,0±0	1,0	
	6.7	3	13,2±10,5	1,4±0,7	1,0-2,2	
	6.8	4	16,8±7,9	1,3±0,6	1,0-2,1	
7	7.1	3	11,7±11,6	0,9±0	0,9	3

Tabela 4. Número e dimensões (média, desvio padrão (D.P.) e amplitude) das câmaras e profundidade máxima dos ninhos de *Acromyrmex balzani*, marcados com talco neutro.

Ninhos	subinhos	N de Câmaras	Prof. em relação ao solo (cm)	Câmaras				Profundidade total (cm)	Nº total de câmaras por ninho		
				Comprimento (cm)		Altura (cm)				Largura (cm)	Amplitude
				Média±D.P.	Amplitude	Média±D.P.	Amplitude				
1.1	3	53±24,2	23-73	8,1±0,7	7,5-9	11,8±1,4	11-13,5	12±2	10-12	70	
1.2	4	24,5±24,9	11-60	6,1±2,2	3,5-8	9±3,1	5-12	7,8±2,7	5-10,5	61	
1.3	3	31,3±23	9-55	6,3±4,1	3-11	9,3±2,5	7-12	9±2,6	6-11	53	12
1.4	2	13,5±12	5-22	9±0	8-9	7±0	6-7	9,5±2,1	8-11	29	
2.1	2	24±14,1	14-34	10±2,8	8-12	10,0±0,7	9-10	11,0±2,8	9-13	24	
2.2	2	60±60,8	17-103	9±2,8	7-11	9,0±1,4	8-10	7,5±0,7	7-8	103	8
2.3	4	68±65,6	9-160	8,8±2,2	6-11	9,0±1,5	7-11	9,0±1,2	8-10	160	
3.2	3	71±72,6	16-153	7±0,9	6-7,5	8,0±0	8	8,0±0	8	26	
3.1	3	27±13,5	13-40	8,3±1,2	7-9	8,0±1,7	7-10	9,3±0,6	9-10	40	14
3.4	3	63±68,1	10-160	10±0,8	9-11	8,0±2,2	7-11	7,5±1,3	6-9	160	
3.5	4	19±9,9	12-26	7±1,4	6-8	11,0±2,8	9-13	10,5±2,1	9-12	26	
4.1	2	16±15,6	6-25	6,8±3,2	4,5-9	13,0±2,1	11-15	10,0±0	10	25	2
5.1	2	21±14,8	10-31	5±0	5	9,0±2,8	7-11	7,5±2,1	6-9	31	
5.2	2	23±15,6	12-34	7,5±0,7	7-8	12,0±2,1	10-13	10,0±0	10	34	6
5.3	2	25,3	6-56	6±1	5-7	11,3±3,5	8-15	10,7±1,2	10-12	56	
6.1	3	31±27,2	8-61	7±2	5-9	9,3±4,2	6-14	10,0±2,0	8-12	61	
6.2	3	30±22,3	5-47	11±1,7	10-13	10,0±1,0	9-11	11,7±1,5	10-13	47	9
7.1	3	38±22,6	22-54	11,5±0,7	11-12	13,0±3,5	10-15	11,5±0,7	11-12	54	
7.2	2	17±11,3	9-25	10±2,8	8-12	14,0±0,7	13-14	12,5±0,7	12-13	25	5

Continuação Tabela 4.

Ninhos	Subinhos	N de Câmaras	Prof. em relação ao solo (cm)	Câmaras						Profundidade total (cm)	Nº total de câmaras por ninho
				Comprimento (cm)		Altura (cm)	Largura (cm)		Amplitude		
				Média ± D.P.	Amplitude		Média ± D.P.	Amplitude			
8.1	2	32±34,1	4-80	9±2,2	7-12	9,0±1,9	7-11	8,0±0,8	8-9	80	
8.2	4	67±60,9	17-135	8,3±1,2	7-9	11,0±1,2	10-12	10±1	9-11	135	
8.3	3	13±13,1	9-150	10,5±1,5	10-13	9,0±1,2	8-10	9,3±1,5	8-11	150	
Ninho 8	3	56,7±47,3	20-110	9±1,7	7-10	9,0±1	8-10	10±3,6	7-14	110	24
8.5	3	55±54	10-130	7,8±1,7	6-10	8,0±0,8	7-9	7,5±2,1	5-10	130	
8.6	4	22±16,3	10-33	10±2,8	8-12	11,0±2,1	9-12	11±1,4	10-12	33	
8.7	2	31±22,6	12-56	9±1	8-10	9,0±2,5	7-12	9,7±3,5	6-13	56	
8.8	3	12,6±9,6	4-23	5,5±2,2	3,5-8	8±3	5-11	7±2,6	5-10	28,5	

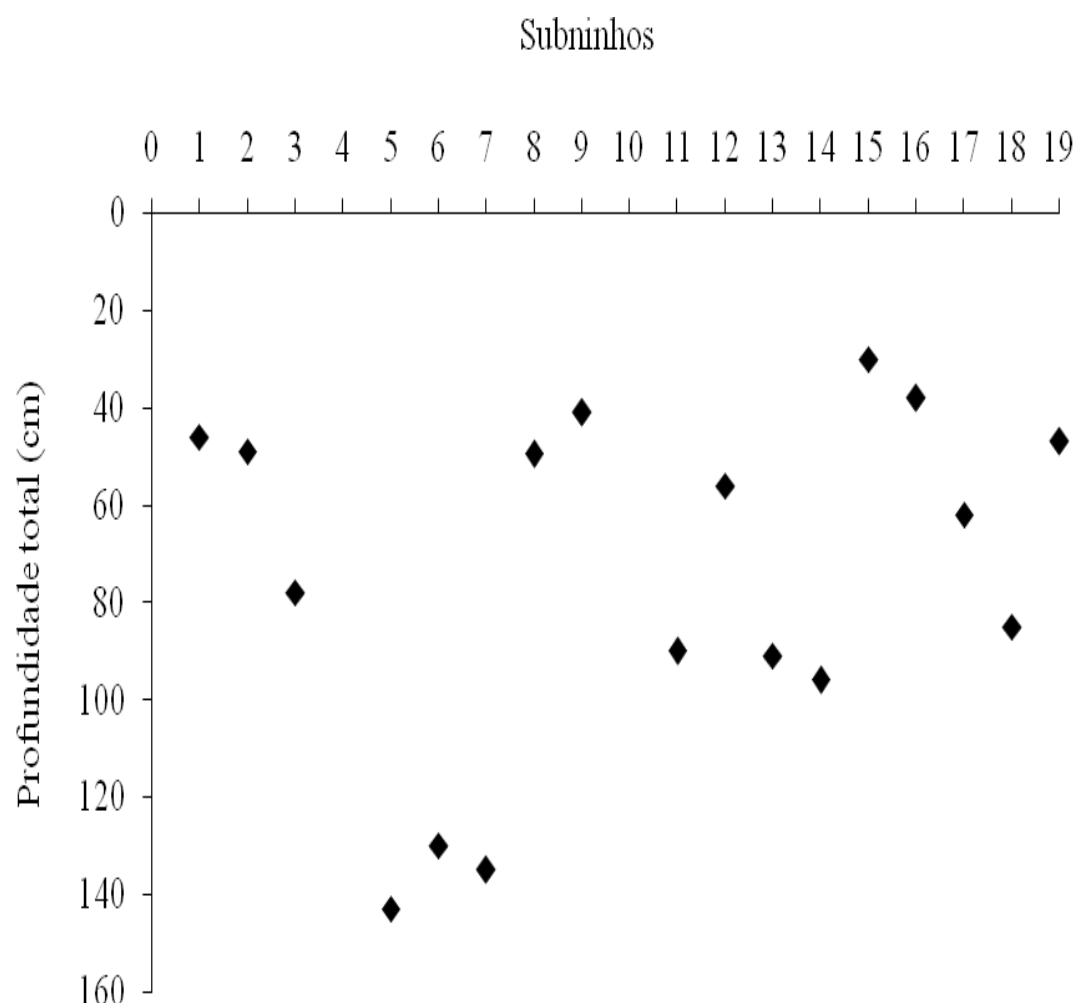


Figura 3. Profundidade total dos subninhos escavados com cimento.



Figura 2. Vista externa dos ninhos de *Acromyrmex balzani*. (A e B) Distância dos orifícios até o monte de terra solta. (C e D) Ninhos sem monte de terra solta exposta.

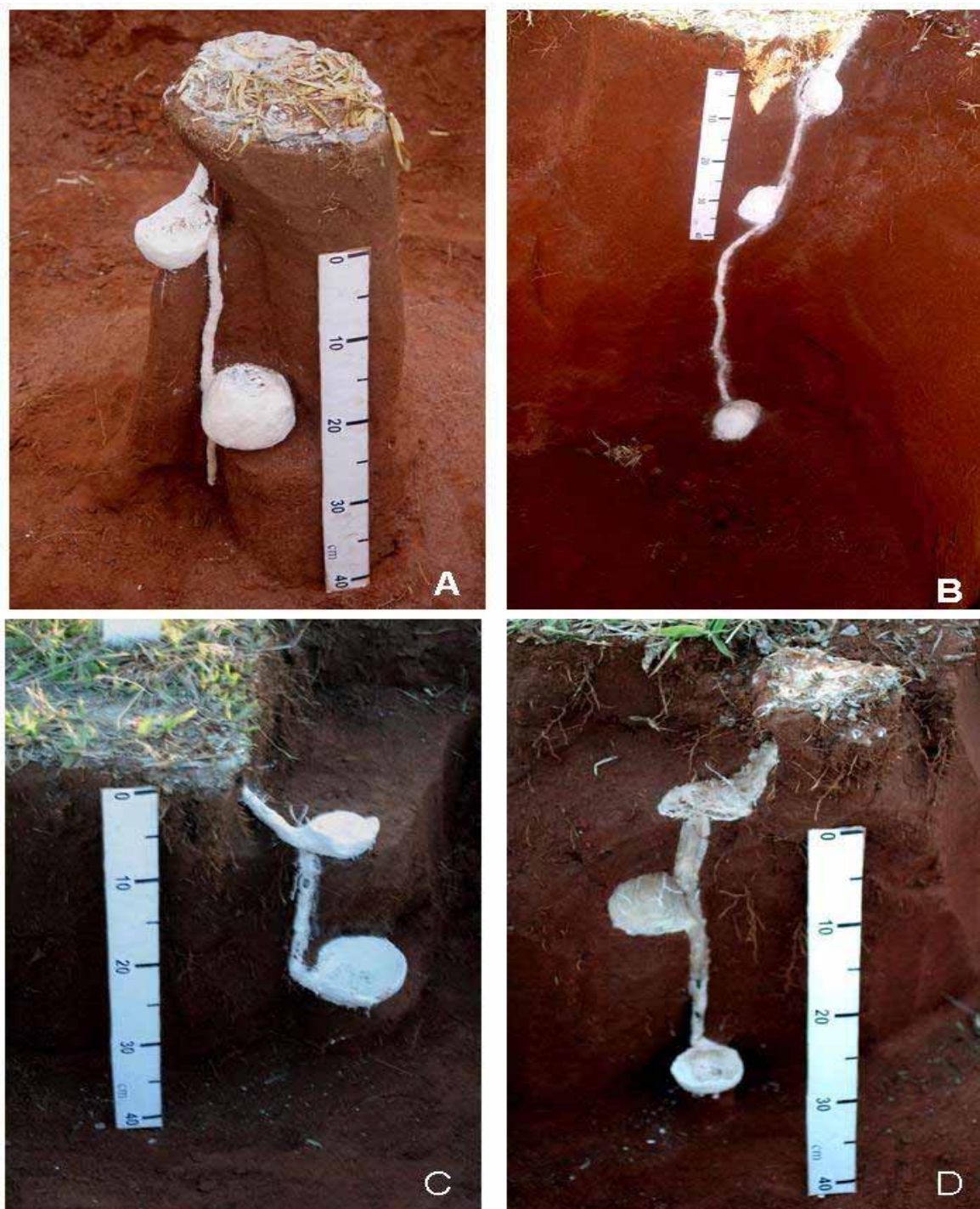


Figura 4. A) Ninho 1 moldada com cimento, ninho contendo duas câmaras. B) Ninho 7; moldado com cimento, ninho contendo três câmaras. C) Ninho 4; moldado com cimento, ninho contendo 2 câmaras. D) Ninho 5; moldado com cimento, ninho com três câmaras.



Figura 5. Ninho 2 moldado com cimento. A) subninho 1 contendo três câmaras e B) subninho 2 contendo três câmaras.

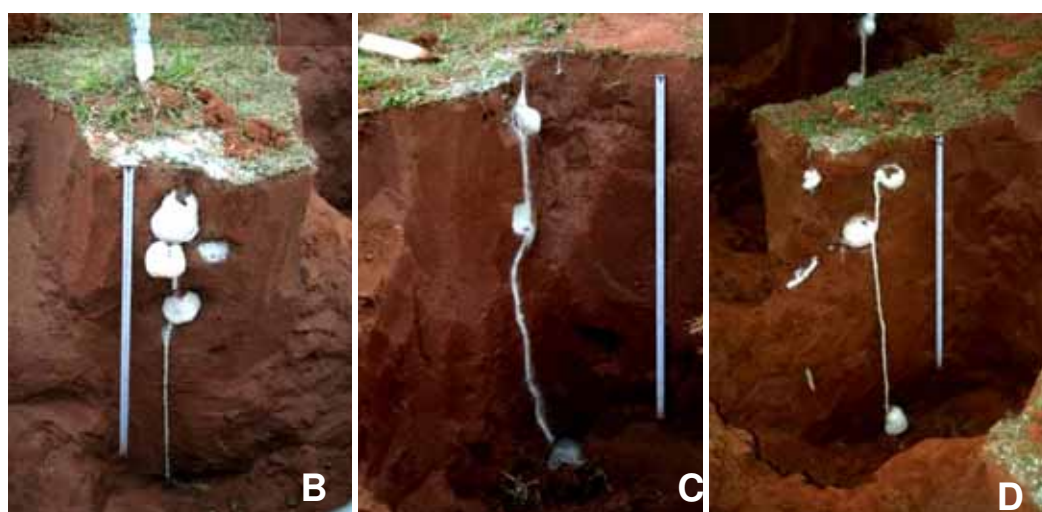


Figura 6. A) Vista geral do ninho 3 moldado com cimento; B) vista geral do subninho 1; C) vista geral do subninho 2 e D) vista geral do subninho 3.

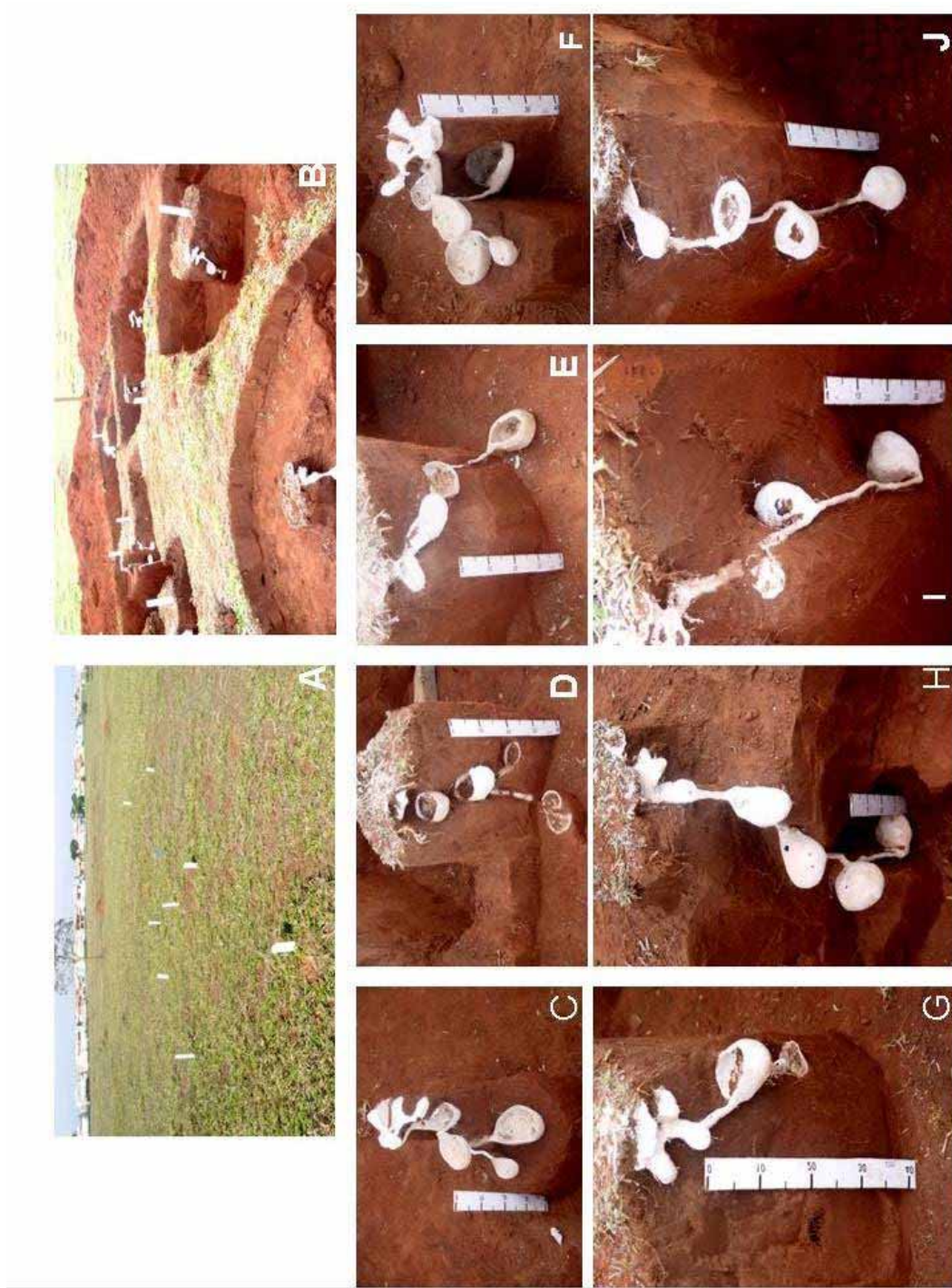


Figura 7. A) Vista externa do ninho 6, moldado com cimento; B) Vista da escavação do ninho 6; C) subninho 1; D) subninho 2; E) subninho 3; F) subninho 4; G) subninho 5; H) subninho 6; I) subninho 7 e J) subninho 8.

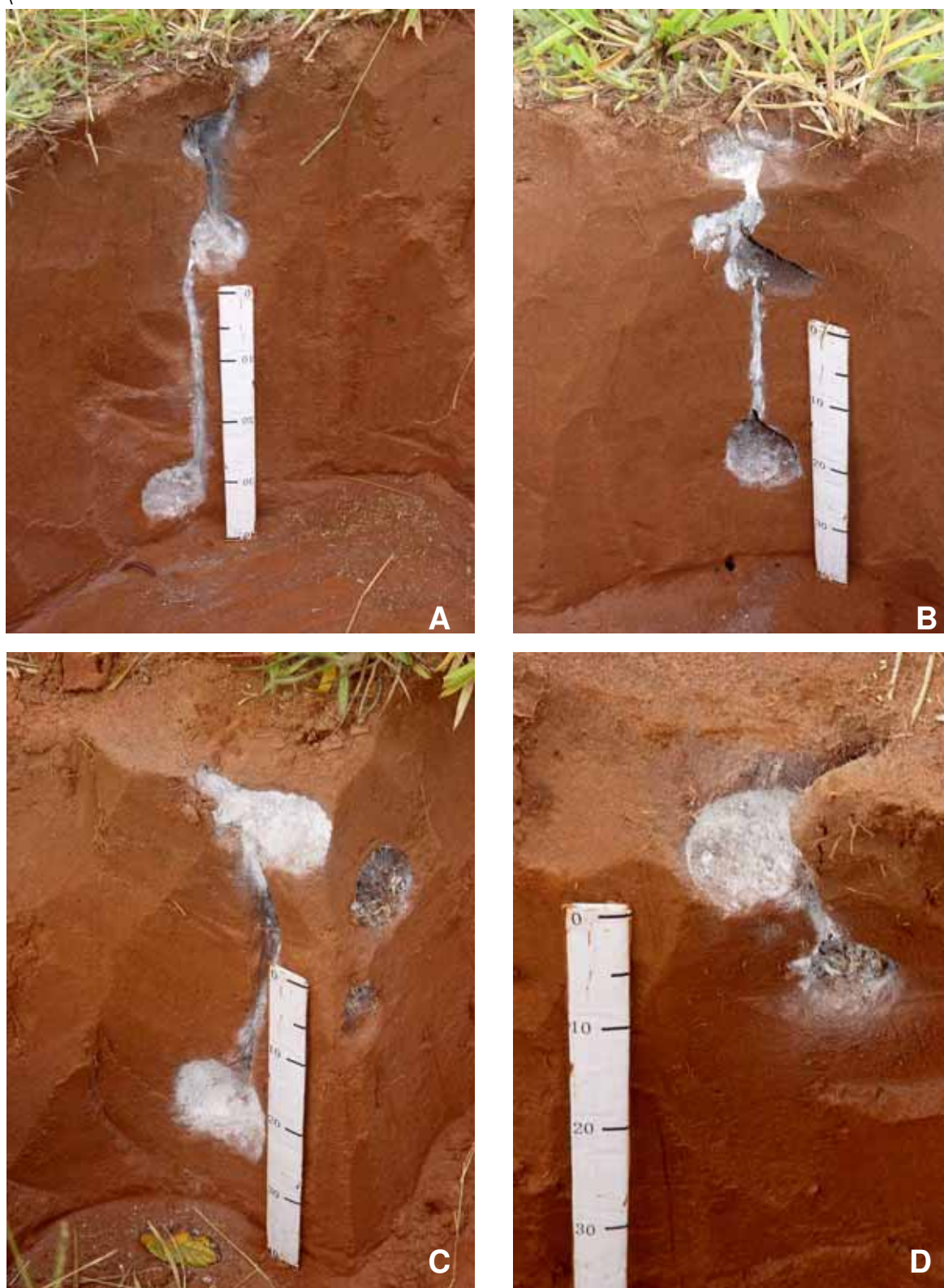


Figura 8. Ninho 1a (A a D) Vista geral dos subninhos da colônia 1, de *Acromyrmex balzani*



Figura 9. Ninho 2a. (A a C) Vista geral dos subninhos do ninho 2 de *Acromyrmex balzani*

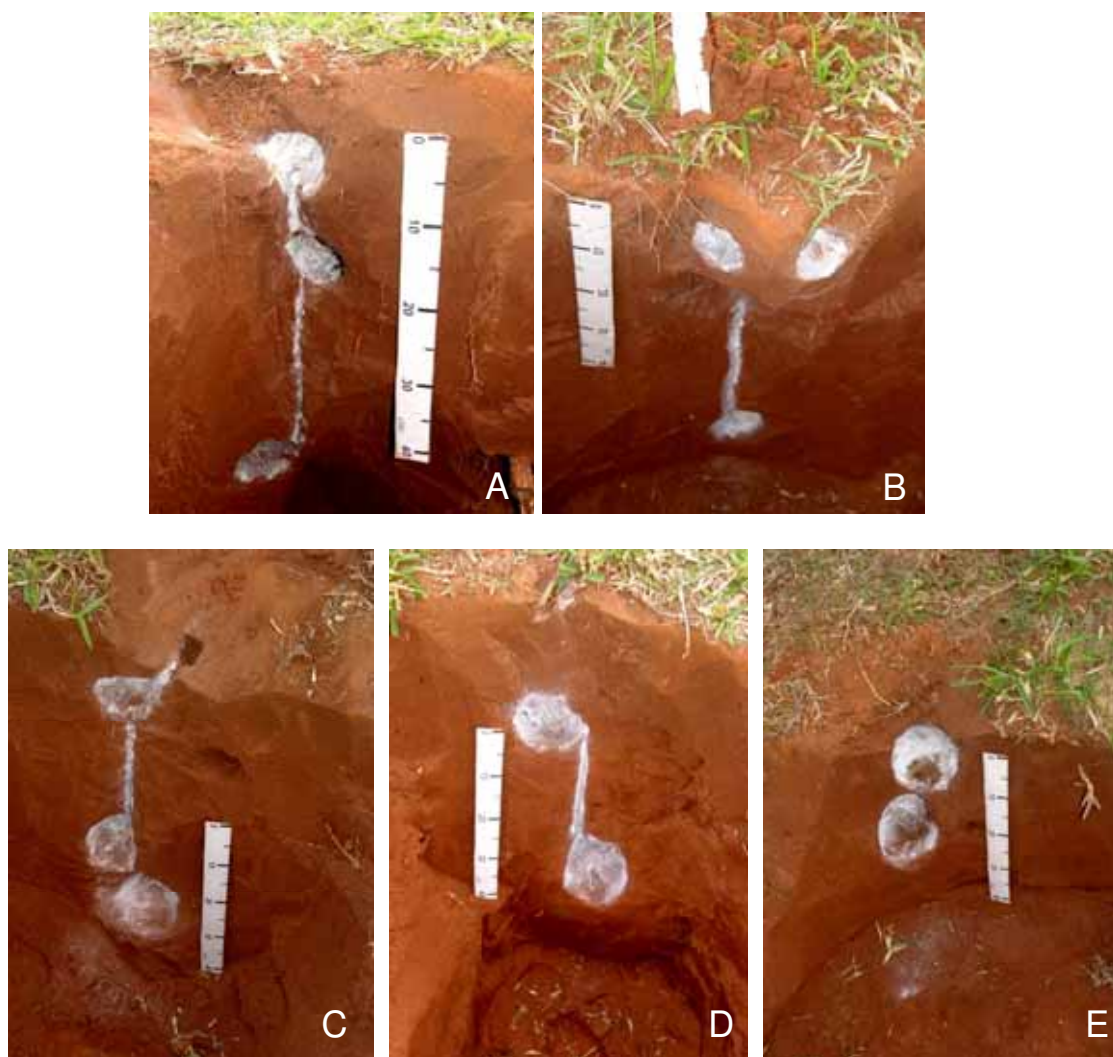


Figura 10. Ninho 3a (A a E) Vista geral dos subninhos da colônia 3 de *Acromyrmex balzani*

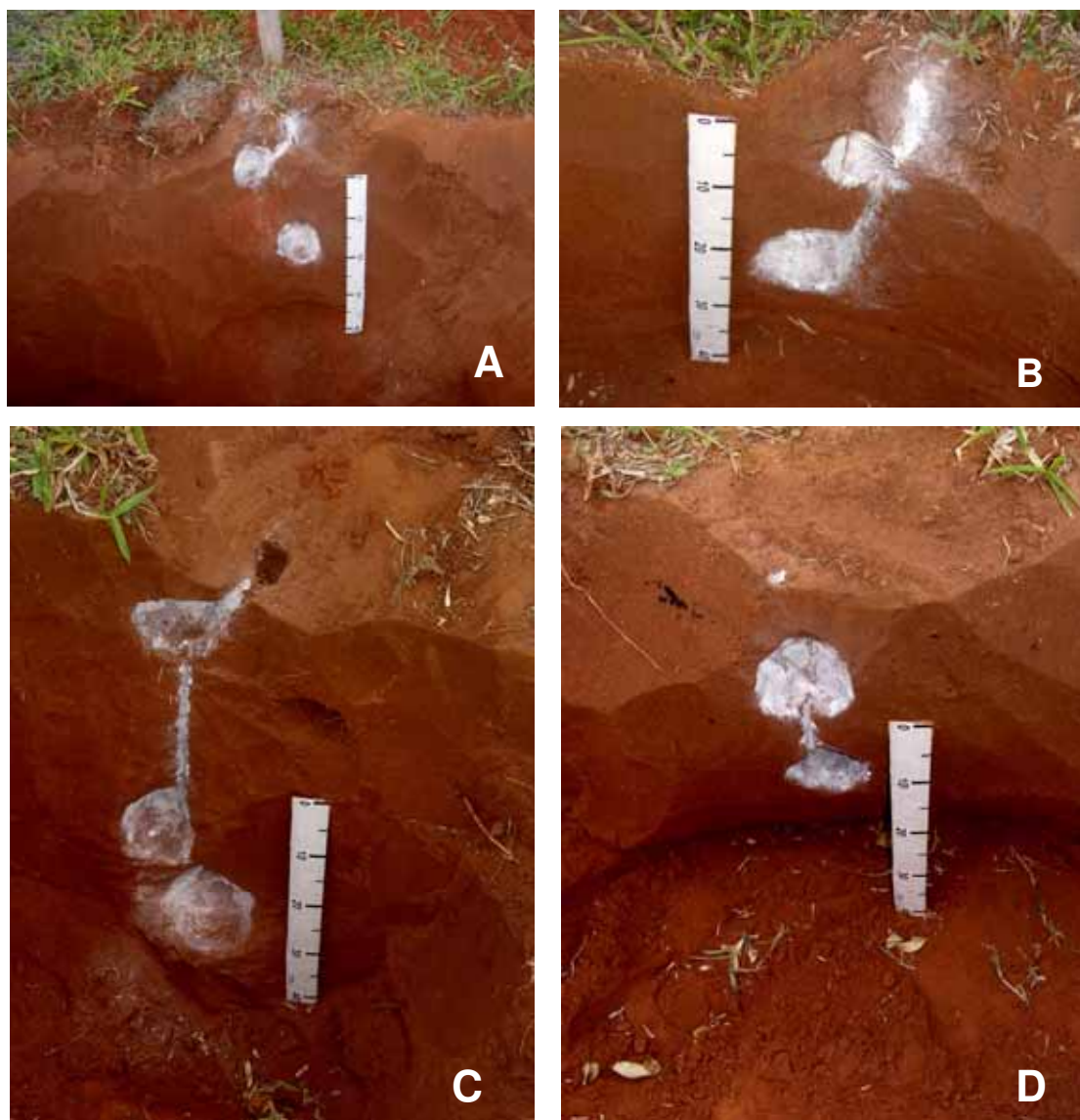


Figura 11. Ninhos 4 e 5a: A) Vista geral do subninho 1, referente ao ninho 4. B) Vista geral do subninho 1, ninho 5 C) Vista geral do subninho 2, ninho 5 e D) Vista geral do subninho 3, ninho 5.

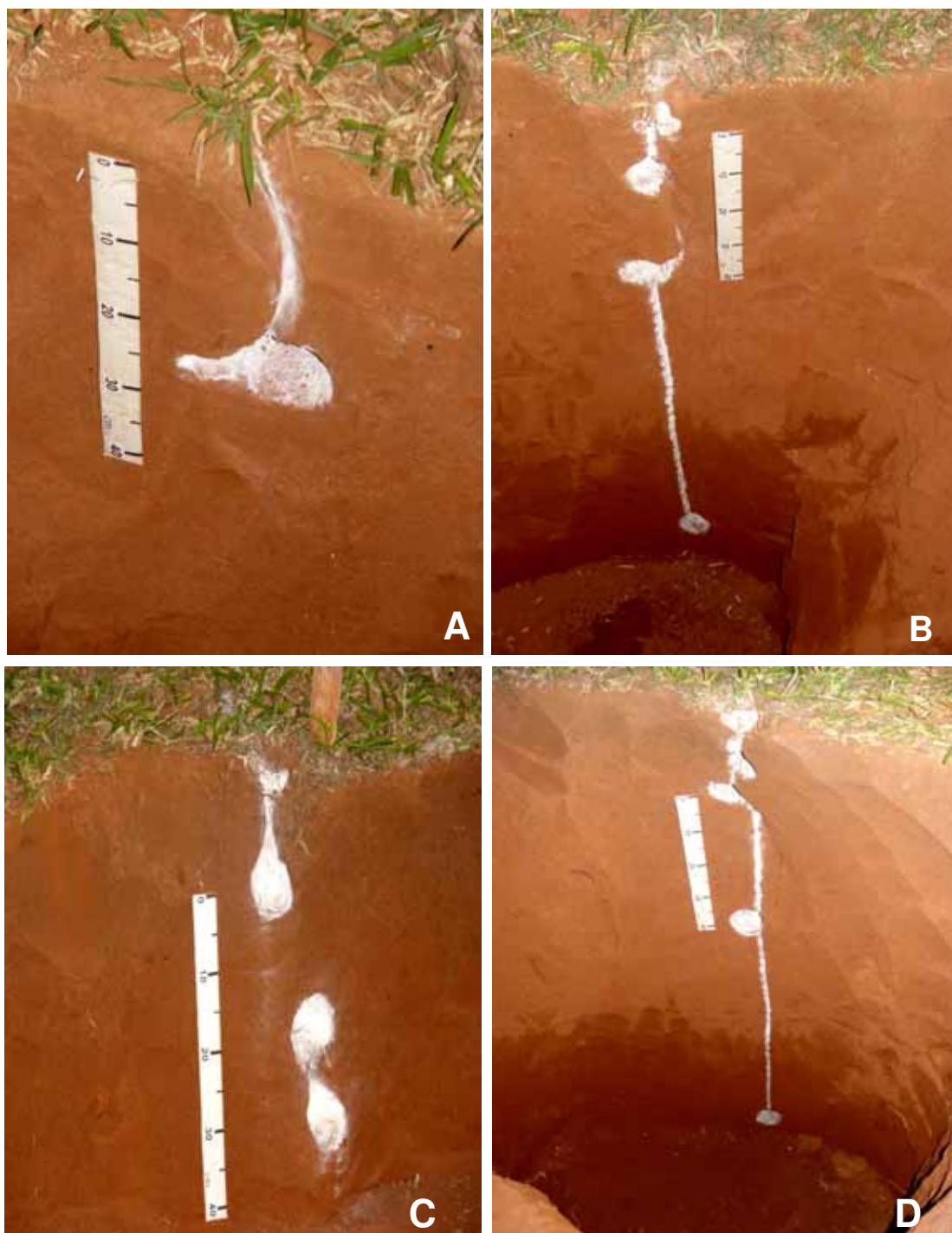


Figura 12. Ninhos 6 e 7a: A) Vista geral do subninho 1, referente ao ninho 6. B) Vista geral do subninho 2, ninho 6 C) Vista geral do subninho 1, ninho 7 e D) Vista geral do subninho 2, ninho 7.



Figura 13. Vista geral da escavação do ninho 8a.

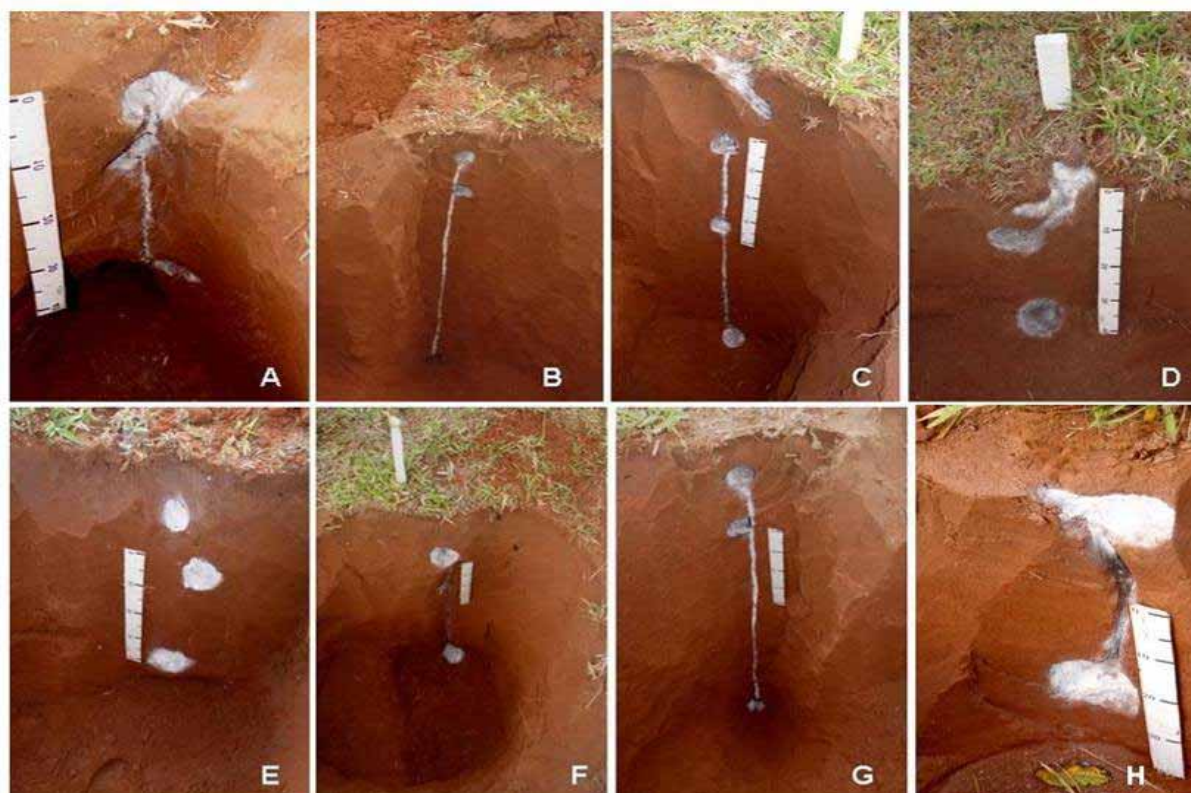


Figura 14. Vista geral do ninho 8a; A) subninho 1; B) subninho 2; C) subninho 3; D) subninho 4; E) subninho 5; F) subninho 6; G) subninho 7 e H) subninho 8.

CAPÍTULO III – TAMANHO POPULACIONAL DOS NINHOS DE *Acromyrmex balzani* Emery, 1890 (Hymenoptera, Formicidae)

Sociobiology

RESUMO

Foram estudados cinco ninhos de *Acromyrmex balzani* Emery 1890, em áreas de pastagens, em Botucatu, SP (22^o53'09" S; 48^o26'42" W). As câmaras e canais foram marcados com talco neutro para melhor visualização. Os ninhos foram escavados e coletou-se o fungo e toda a população existente dentro das câmaras (formas jovens e operárias). O volume de fungo nos ninhos escavados teve em média 74,76 mL, enquanto que a população total do ninho foi em média de 1.095 indivíduos. Após análise de correlação linear simples foi verificado que o volume de fungo cresce proporcionalmente ao número de indivíduos, embora exista correlação entre o volume de fungo e a dinâmica populacional dos ninhos. Os fatores que determinam essa relação são pouco conhecidos, uma vez que outros microorganismos vivem associados à colônia.

Palavras Chave: fungo, população, câmaras.

INTRODUÇÃO

As formigas cortadeiras *Atta* e *Acromyrmex* destacam-se pela construção de seus ninhos, os quais variam na morfologia e no tamanho entre eles e até mesmo entre as espécies do mesmo gênero (Gonçalves, 1961; Hölldobler & Wilson, 1990).

O número de indivíduos de uma colônia é bastante variável, e depende da idade e da espécie em questão. Esses dados podem ser encontrados para *Atta* spp. (Autuori, 1942; Jonkman, 1977) e para *Acromyrmex* spp. (Pereira-da-Silva, 1981; Weber, 1972; Della Lucia et al. 1993; Andrade, 2002).

Os ninhos de *Atta*, por exemplo, são maiores chegando a possuir em média até 8 milhões de indivíduos e chegam a alcançar até 7 metros de profundidade. O número de câmaras varia de centenas a milhares e sempre há montes de terra solta na superfície (Weber, 1972; Fowler et al. 1986; Della Lucia & Moreira, 1993; Moreira et al. 2004).

Jonkman (1977) estimou a população de ninhos de *Atta vollenweideri* Forel, 1939 de 7,4 anos de idade, o qual chega a possuir em média quatro milhões de indivíduos; já para *Atta cephalotes* esse número pode chegar á 651.000 indivíduos, sendo 39.624 o número de forrageadoras (Lewis et al. 1974).

No entanto, os ninhos das espécies e subespécies de *Acromyrmex* são menores em tamanho e número e ainda pouco estudados. Estes chegam a possuir 175.565 indivíduos e, quando subterrâneos, chegam a atingir 5m de profundidade, entretanto, a maioria atinge no máximo 2 m de profundidade. O número de câmaras varia de 1 a 26 e algumas espécies constroem seus ninhos superficiais cobertos por palhas e resíduos vegetais, enquanto outras os fazem subterrâneos, podendo ser cobertos com terra ou às vezes inconspícuos (Gonçalves, 1961, 1964; Pereira-da-Silva et al. 1981; Navarro & Jaffé, 1985; Della Lucia & Moreira, 1993; Andrade, 2002; Forti et al. 2006; Verza, 2007).

As espécies de *Acromyrmex* que possuem os ninhos mais populosos são *Acromyrmex subterraneus subterraneus* (Andrade, 2002), *Acromyrmex coronatus* (Pereira-da-Silva et al., 1981) e *Acromyrmex octospinosus* (Weber, 1972).

Weber (1972) estimou a população total de uma colônia de *Acromyrmex octospinosus*, em condições de campo e obteve 100.000 indivíduos, já Lewis (1975) estimou a população de uma colônia de tamanho médio e o número de indivíduos estimado foi de 14.000. Wetterer (1991) e Wetterer et al. (1998 a) estimaram a população de dois ninhos dessa espécie e verificaram um total de 10.084 e 37.096 operárias, respectivamente. No que diz respeito à *Acromyrmex subterraneus*, Pereira & Della Lucia (1998) estimaram a população total dos ninhos dessa espécie o qual variou de 10.248 á 20.872 indivíduos.

Com relação à *Acromyrmex coronatus*, esta também possui uma população bastante numerosa em seus ninhos. Pereira-da-Silva et al. (1981), observaram que o número de indivíduos na colônia pode variar entre 54.229 e 175.565 indivíduos, com proporção de 1,4 machos para cada fêmea na época de formação de indivíduos férteis.

Em um estudo de quantificação populacional para *Acromyrmex volcanus*, o número de operárias de dois ninhos foi de 15.004 e 17.596, respectivamente (Wetterer, 1993).

Diehl-Fleig & Droste (1992) estudaram a localização, morfologia externa e flutuações populacionais de colônias de *Acromyrmex heyeri* e encontraram uma população mínima de 10.113 e máxima de 42.196 indivíduos para esta espécie. Araújo & Della Lucia (1997) avaliando a composição populacional de *Acromyrmex laticeps nigrosetosus* em reflorestamentos de *Eucalyptus camaldulensis* encontrou 12.237,8 indivíduos adultos em uma média de 340 cm³ de fungo.

Soares et al. (2006) estimaram a população dos ninhos de *Acromyrmex rugosus rugosus* e tiveram uma variação de 112 à 20.299 indivíduos, tendo em média 519 operárias. No entanto, Verza (2007) fez a estimativa de três ninhos dessa mesma espécie e a população total variou entre 3.264 a 18.912 indivíduos.

Para *Acromyrmex balzani*, Mendes et al. (1992) num volume de fungo de 91,0 cm³, registrou uma população média de apenas 417, indivíduos. Por outro lado, Pimenta et al. (2007) relatou que o número de operárias adultas nessa mesma espécie, variou de 820 e 1.945 indivíduos por colônia.

Segundo Schultz e Brady (2008), o sistema formiga cortadeira-fungo simbiote (*Leucoagaricus gongylophorus*) se originou a 50 milhões de anos atrás. Ao longo da história desta simbiose ocorreu uma diversificação dessas formigas e do fungo que elas cultivam, assim como também de outros microorganismos que compõe a biota do jardim de fungo,

como é o caso de algumas bactérias (Actinomicete) do gênero *Streptomyces* e do fungo parasita *Escovopsis* (Currie et al., 1999a; Currie, 2001a ; Currie et al. 2003).

Embora existam trabalhos relatando o número de indivíduos por colônia em várias espécies do gênero *Acromyrmex*, para *A. balzani* estes trabalhos são escassos. Trabalhos envolvendo o número de indivíduos não enfatizam a razão dos ninhos serem mais ou menos populosos, atribuindo estas variações populacionais apenas em função da idade e localização dos mesmos. Assim, o objetivo do trabalho foi caracterizar e quantificar a população de ninhos de *Acromyrmex balzani* bem como verificar se o tamanho populacional está relacionado com o volume de fungo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para escavação e estimativa populacional dos ninhos de *Acromyrmex balzani*, foi utilizada a metodologia de Pereira & Della Lucia (1998), com adaptações.

A área selecionada para esse estudo foi a Fazenda Santana, localizada nas proximidades da Fazenda Lageado FCA/Unesp, em Botucatu, SP, Brasil (22^o53'09" S; 48^o26'42"W), no período de 2008/2009. Foram escolhidos aleatoriamente na pastagem, cinco ninhos de *A. Balzani*, para serem escavados. Antes da escavação realizada com ferramentas manuais (pá de escavar, enxada, etc.), os ninhos foram medidos externamente registrando-se a medida de maior largura e comprimento de terra solta quando presente, pois em alguns ninhos havia somente o orifício de entrada no ninho. Após a escavação, foram coletados de cada formigueiro, o fungo e toda a população existente dentro das câmaras (formas jovens e operárias). Depois de retirado, todo o material foi transportado para laboratório.

No laboratório de Insetos Sociais-Praga da FCA/UNESP-Botucatu, o conteúdo de cada ninho foi imediatamente pesado e sacrificado por congelamento em freezer comum, para evitar que os ovos fossem destruídos. Toda a população do ninho foi utilizada para a contagem, inclusive os ovos, que por meio de congelamento puderam ser preservados. A contagem foi feita após a separação dos indivíduos dos fragmentos de fungo, utilizando microscópio estereoscópico. As operárias adultas foram divididas em pequenas, médias e grandes, de acordo com a largura da cápsula cefálica, com base no trabalho de WILSON (1980).

Calculou-se a média e o desvio padrão das medidas registradas das câmaras, do volume o fungo e do número de indivíduos.

As relações do volume do fungo com o número de indivíduos e o número de operárias do ninho, foram analisadas por meio de uma regressão linear simples.

RESULTADOS

A população total nos cinco ninhos de *A. balzani* variou de 337 a 2.832 indivíduos (Tabela 1). O volume de fungo nos ninhos escavados variou de 35,07 e 147,8 mL; no entanto, o número de câmaras não teve relação com esse volume. O ninho 2 foi o que apresentou o maior volume de fungo (147,8 mL) e apenas duas câmaras. Por outro lado, o ninho 1 apresentou apenas uma câmara, com 35,07 mL de fungo, enquanto que ninho 3 e o ninho 4 apresentaram três câmaras de fungo em cada um deles e o volume de fungo foi de 68 e 58,77 mL, respectivamente. O ninho 5, cujo volume de fungo foi de 72,49 mL, era composto de cinco câmaras. Os ninhos apresentaram uma média de 1.095,6 indivíduos, sendo que o ninho 1 em relação aos demais foi o menos populoso com 337 indivíduos (Tabela 1). O número médio de ovos encontrados foi de 60, enquanto que as larvas tiveram uma média de 130,4. Quanto às pupas, foi observada uma média de 139,0 indivíduos nos ninhos estudados. Não foram encontradas formas aladas nos ninhos escavados. As operárias menores foram as mais predominantes em todos os ninhos observados levando em conta a população total (Tabela 1).

O ninho com o maior volume de fungo foi também o que apresentou a maior população, com 2.832 indivíduos (Tabela 1).

O volume de fungo apresentou correlação positiva com o número de indivíduos ($R^2 = 96,66\%$) e ao número de operárias ($R^2 = 95,31\%$) (Figura 1). Isso indica que o volume do fungo aumenta na proporção direta com a população do ninho.

Com relação à profundidade dos ninhos, as câmaras encontravam-se desde próximas às superfícies do solo (6 cm) (N3), até uma profundidade máxima de 1,20 m (N4), nos ninhos estudados; contudo, sabe-se que estas podem ser encontradas até 1,60 m de profundidade para esta espécie. Mesmo sendo o mais profundo, N4 não foi o mais populoso nem o que apresentou maior volume de fungo (Tabela 1).

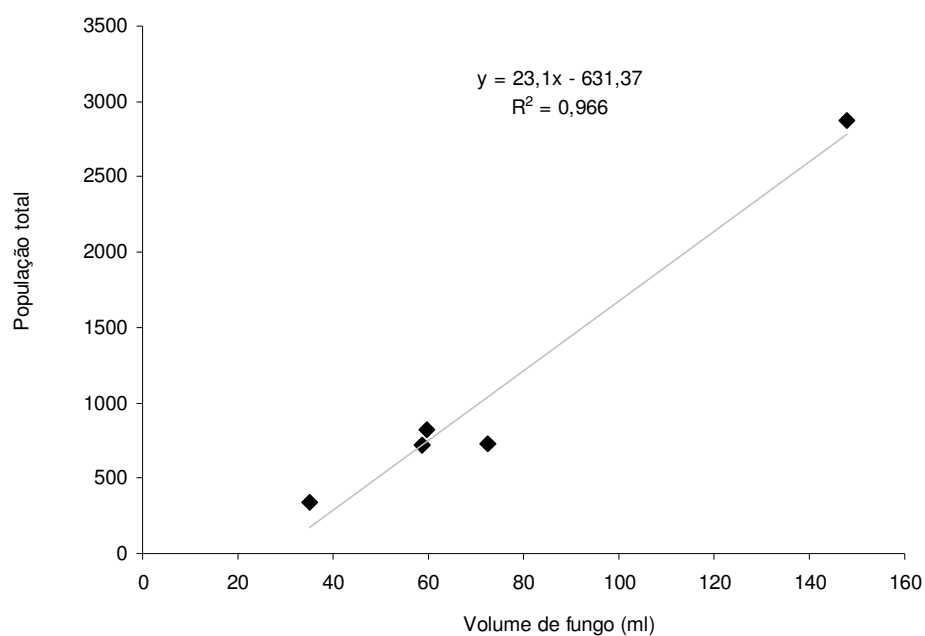
Tabela 1. Volume de fungo e número de indivíduos (média, desvio padrão) nos ninhos de *Acromyrmex balzani* e porcentagem de cada casta em relação ao ninho.

Ninho	Volume do fungo (mL)	Número médio de indivíduos					Total	
		Ovos	Larvas	Pupas	Pequenas (0,7 a 1,0 mm)	Médias (1,1 a 1,8 mm)		Grandes (1,9 a 3,1 mm)
		Formas jovens			Operárias			
1	35,07	0	15	3	156 (46,2 %)	28 (8,3%)	135 (40,0%)	337
2	147,8	135	294	334	962 (33,4%)	205 (7,1%)	943 (32,8%)	2873
3	59,68	38	217	183	196 (23,9%)	51 (6,2%)	135 (16,4%)	820
4	58,77	109	66	80	297 (41,1%)	53 (7,3%)	117 (16,2%)	722
5	72,49	18	60	95	312 (42,9%)	58 (7,9%)	183 (25,2%)	726
Média±D.P.	74,76 ± 43,01	60,00±58,89	130,40±119,04	139,00±126,37	384,60±329,45	79,00±71,38	302,60±358,83	1.095,60±1.010,80

Tabela 2. Número e dimensões (média e desvio padrão) das câmaras e profundidade máxima dos ninhos de *Acromyrmex balzani*.

Ninhos	Número de Câmaras	Comprimento (cm)	Altura (cm)	Largura (cm)	Profundidade em relação ao solo (cm)	Profundidade total dos ninhos (cm)
		Média ± D.P.	Média ± D.P.	Média ± D.P.	Média ± D.P.	
1	1	6,3 ± 0	11,1 ± 0	8,6 ± 0	12,0 ± 0	12
2	2	6,6 ± 0,9	9,2 ± 0,6	8,8 ± 4,3	19,5 ± 12,2	28
3	3	4,4 ± 1,6	9,6 ± 1,0	8,6 ± 0,5	25,3 ± 26,8	56
4	3	7,5 ± 0,5	8,9 ± 1,2	8,1 ± 3,4	59,3 ± 54,3	120
5	4	8,5 ± 1,9	8,5 ± 0,8	8,0 ± 1,2	31,8 ± 34,1	80

(A)



(B)

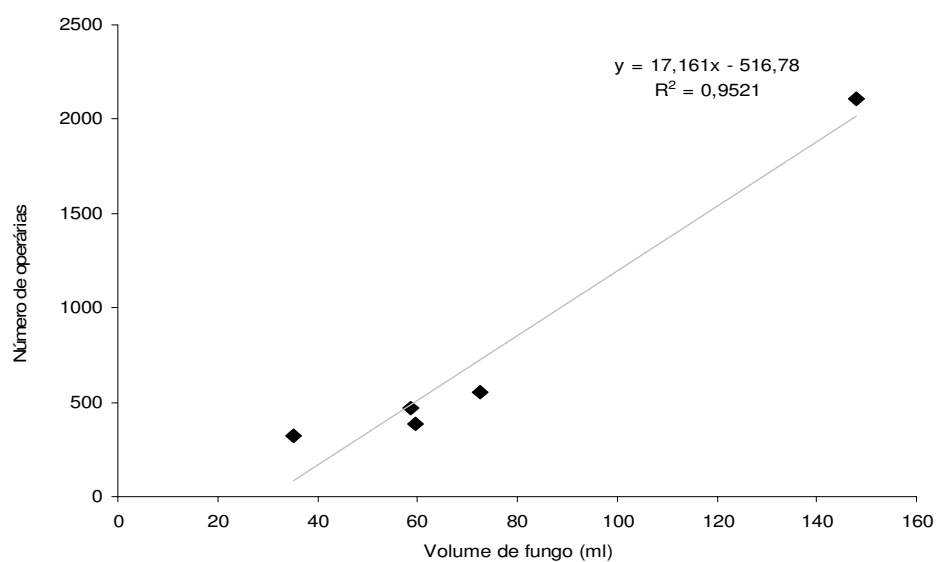


Figura 1. Relação do volume do fungo com (a) o número total de indivíduos ($y = 23,1x - 631,37$ $R^2 = 0,966$ %) e com (b) o número de operárias ($y = 17,161x - 516,78$ $R^2 = 0,9521$ %) em ninhos de *Acromyrmex balzani*.

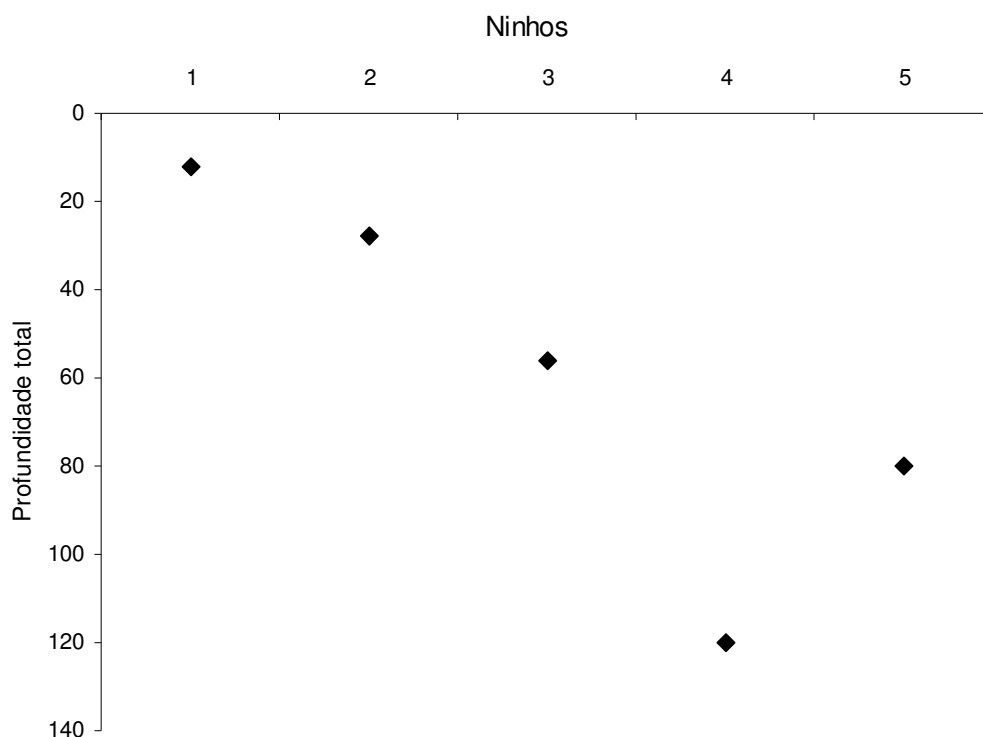


Figura 2. Profundidade total dos cinco ninhos de *Acromyrmex balzani*, utilizados para a quantificação da população.

DISCUSSÃO

A variação populacional apresentada por *Acromyrmex balzani* pode ser considerada normal para esta espécie. Pimenta et al. (2007) em um estudo abordando a dinâmica de forrageamento e caracterização dos ninhos, obtiveram uma variação populacional de 820 a 1945 indivíduos.

Mesmo tendo encontrado aproximadamente uma média de 1095 indivíduos nos cinco ninhos estudados, quando comparamos as populações de *A. balzani* com outras espécies do mesmo gênero, notamos que esta possui uma população considerada pequena, com valores similares aos apresentados por Pimenta et al. 2007, onde a média de indivíduos em três ninhos estudados foi de 1385.

Possivelmente, a variação populacional de *A. balzani* tenha relação com a idade da colônia, diminuição das taxas de oviposição da rainha com o passar do tempo ou outros

fatores, intrínsecos ou extrínsecos. Estes fatores podem interferir na dinâmica populacional, como, por exemplo, o surgimento de microorganismos que venham a afetar o desenvolvimento das colônias. No entanto, é importante também ressaltar que o número de indivíduos de um ninho além de depender da idade da colônia, varia também de espécie para espécie (Forti, 1979).

Em todos os ninhos estudados, as operárias pequenas tiveram uma predominância, em relação aos outros tamanhos, enquanto que as médias foram a minoria. Andrade (2002) relatou que as operárias pequenas foram as mais predominantes em *A.subterraneus subterraneus*. Porém, as operárias de tamanho médio representaram uma porção intermediária da população. No presente estudo, as operárias de tamanho grande, representaram à porção intermediária da população. Lopes (2004) relata que em *A.balzani* as formigas de tamanho grande, atuam em várias tarefas dentro do ninho e esse fato pode estar associado ao tamanho da colônia que nessa espécie é menos populosa. Wilson (1983) descreve que o tamanho da colônia tem influência na distribuição de tamanho das operárias e conseqüentemente, na distribuição das tarefas dentro do ninho.

Outra hipótese estaria relacionada com o fato de cortadeiras de gramíneas não processarem tanto o material vegetal, utilizando os fragmentos em tamanhos maiores, permitindo a atuação das operárias grandes. Há evidências que operárias que forrageiam substratos maiores e mais pesados são significativamente maiores (Waller, 1989).

Não foram encontrados indivíduos alados nos ninhos estudados. Araújo & Della Lucia (1997) também relatam que não encontraram indivíduos alados nas amostras de *A. laticeps nigrosetosus*. Esse fato se deve à época de escavação das colônias, uma vez que a produção de indivíduos alados ocorre apenas uma vez ao ano, nos meses de julho a dezembro em colônias adultas (Ichinose et al. 1995), e a coleta dos ninhos foi feita anteriormente à produção desses indivíduos.

Também foi constatado que o ninho com maior profundidade, não foi o mais populoso; portanto, a profundidade dos ninhos de *A. balzani*, não exerce influência na população, ao contrário de *A. rugosus rugosus*, onde o ninho mais profundo apresentou maior população e também maior volume de fungo (Verza, 2007).

Como tem sido demonstrado na maioria dos trabalhos realizados com *Acromyrmex* spp., também foi constatado no presente estudo que a população total de indivíduos aumenta à

medida que cresce o volume de fungo. O fato do volume de fungo estar diretamente relacionado à população total do ninho e ao número de operárias, indica que existe um mecanismo regulatório entre o fungo simbiote e a dinâmica populacional da colônia. Entretanto, no que diz respeito à “quem regula quem” permanece a lacuna a ser preenchida na história evolutiva desta complexa simbiose formiga-fungo.

A proposta feita por Schultz e Brady (2008) evidencia que o fungo simbiote passou a ser cultivado pelas formigas cortadeiras, não sendo este mais encontrado na natureza na sua forma livre. Assim, a idéia de que a regulação do crescimento do fungo é feita pelas operárias é totalmente plausível, onde à medida que a colônia cresce e necessita de mais alimento a produção de fungo também é otimizada na busca de um ponto de ajuste, equalizando a entrada e saída de energia para a colônia.

Por outro lado, os jardins de fungo das formigas da Tribo Attini são parasitados por fungos do gênero *Escovopsis*, que causam reduções significativas no jardim e indiretamente reduzem a taxa de crescimento das colônias (Currie, 2001a). Em alguns casos o fungo parasita pode destruir completamente as colônias (Currie et al. 1999). Entretanto, também encontramos outros microorganismos associados ao jardim de fungo, como é o caso da bactéria filamentosa do gênero *Streptomyces*. Esta bactéria filamentosa é cultivada pelas formigas em órgãos especializados para produção de antibióticos que inibem o crescimento do *Escovopsis*. Essa associação envolvendo formiga, fungo simbiote, bactéria e fungo parasita é vista como uma simbiose quadripartida que também atuaria regulando a relação fungo simbiote-formiga, determinando a dinâmica populacional dentro do ninho (Currie et al. 2003). Embora alguns trabalhos venham tentando elucidar a relação entre as formigas da tribo Attini e o fungo simbiote, ainda pouco se sabe sobre esta complexa relação.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.P.P. 2002. Biologia e taxonomia comparada das subespécies de *Acromyrmex subterraneus* Forel, 1893 (Hymenoptera, Formicidae) e contaminação das operárias por iscas tóxicas. 2004.168f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas/) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- AUTUORI, M. 1942. Contribuição para o conhecimento da saúva (*Atta* spp.) (Hymenoptera: Formicidae): III - Escavação de um saueiro (*Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908). Arq. Inst. Biol., v.13, p.136-148.
- ARAÚJO, M.S. & DELLA LUCIA, T.M.C. 1997. Caracterização de ninhos de *Acromyrmex laticeps nigrosetosus* (Forel) (Hymenoptera: Formicidae), em povoamento de eucalipto em Paraopeba, MG. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 26: 205-207.
- CURRIE, C. R., U.G. MUELLER, & D. MALLOCH. 1999a. The agricultural pathology of ant fungus gardens. Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America 96(7): 7998-8002.
- CURRIE, C. R., J.A. SCOTT, R.C. SUMMERBELL, & D. MALLOCH. 1999b. Fungus-growing ants use antibiotic-producing bacteria to control garden parasites. Nature 398 (6729): 701-704.
- CURRIE, C. R. 2001b. Prevalence and impact of a virulent parasite on a tripartite mutualism. Oecologia 128(1): 99-106.
- CURRIE, C. R., BOT, A. N. M. & BOOMSMA, J. J. 2003. Experimental evidence of a tripartite mutualism: bacteria protect ant fungus gardens from specialized parasites. Oikos, Copenhagen, v. 101, n. 1, p. 91-102.

DELLA LUCIA, T.M.C., H.G. FOWLER, & D.D.O MOREIRA. 1993. Espécies de formigas cortadeiras no Brasil. *In: DELLA LUCCIA, T.M.C. (Ed.) As formigas cortadeiras. Sociedade de Investigações Florestais 3: 26 - 30.*

DIEHL-FLEIG, E. & A. DROSTE. 1992. Localização, morfologia externa e flutuações populacionais ao longo do ano de colônias de *Acromyrmex heyeri* (Hymenoptera; Formicidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil. 21: 21 – 27.*

FORTI, L.C. 1979. Avaliação populacional das operarias forrageiras de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) através de dois métodos de estimativa. 1979. 114f. Dissertação (Mestrado em Entomologia). Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba.

FORTI, L.C., ANDRADE M.L., ANDRADE, A.P.P., JULIANE, F.S.L., RAMOS, V.M. 2006. Bionomics and identification of *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) through an illustrated key. *Sociobiology 48: 135 – 153.*

FOWLER, H.G., V. PEREIRA-DA-SILVA, L.C. FORTI, & N.B. SAES. 1986. Population dynamics of leaf-cutting ants: a brief review. *In: LOFGREN, C.S., VANDEMEER, R.K. (EDS) Fire ants and leaf-cutting ants. Boulder: Westview 123-45.*

GONÇALVES, C.R, 1961. O Gênero *Acromyrmex* no Brasil (Hymenoptera: Formicidae). *Studia Entomologica 4 (114): 113-180.*

GONÇALVES C.R, 1964. As formigas cortadeiras. *Boletim de Campo, Rio de Janeiro, v.20, n.181, p.7-23.*

HÖLLDOBLER, B., & E.O. WILSON. 1990. *The ants.* Cambridge: Harvard University Press, 732p.

ICHINOSE, K., FORTI, L.C. & PRETTO, D.R. 1995. Ciclo biológico anual de *Acromyrmex balzani*, Em Botucatu, SP, Brasil. Anais do 15º Congresso de Entomologia, Caxambu, MG. Pg. 146.

JONKMAN, J.C.M. 1977. Biology and ecology of the leaf-cutting ant *Atta vollenweideri* Forel, 1898. (Hymenoptera: Formicidae) and its impact in Paraguayan pastures. 132f. (Tese de doutorado) Holanda. Lien.

LEWIS, T., G.V. POLLARD, & G.C. DIGLEY. 1974. Rhythmic foraging in the leaf cutting ants *Atta cephalotes* (L.) (Formicidae: Attini). J.Anim. Ecol 43:142-53.

LEWIS, T. 1975. Colony size, density and distribution of the leaf-cutting ant, *Acromyrmex octospinosus* (Reich) in cultivated fields. Trans.R.Entomol.Soc.Lond.127:51-64.

LOPES J.F.S. 2004. Diferenciação comportamental de espécies de *Acromyrmex* spp. (Mayr, 1865) (hymenoptera, Formicidae) cortadeiras de monocotiledôneas e dicotiledôneas. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, Brasil. 93pp.

MENDES, W. B. A., J. A. H. FREIRE, M. C. LOUREIRO, S. B. NOGUEIRA, E. F. VILELA & T. M. C. DELLA LUCIA. 1992. Aspectos ecológicos de *Acromyrmex (Moellerius) balzani* (EMERY, 1890) (Formicidae: Attini) no município de São Geraldo, Minas Gerais. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 21: 155–168.

MOREIRA, A.A., L.C. FORTI L, A.P.P. ANDRADE, M.A.C. BOARETTO, & J.F.S. LOPES 2004a. Nest Architecture of *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). Stud.Neotrop. Fauna Environ. 39: 109-116.

NAVARRO, J.G., & K. JAFFÉ. 1985. On the adaptive value of nest features in the grass – cutting ant *Acromyrmex landolti*. Biotropica 17: 347-8.

PEREIRA-DA-SILVA, V., L.C. FORTI, & L.G. CARDOSO. 1981. Dinâmica populacional e caracterização de ninhos de *Acromyrmex coronatus* (Fabricius, 1804) (Hymenoptera: Formicidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 25(2): 87-93.

PEREIRA R.C., & T.M.C. DELLA LUCIA 1998: Estimativa populacional em ninhos de *Acromyrmex subterraneus subterraneus* Forel, 1893 (Hymenoptera: Formicidae). *Revista Ceres* 45: 573-578.

PIMENTA, L.B., M.S. ARAÚJO, L. LIMA, J.M.S. SILVA, & V.G.O. NAVES. 2007. Dinâmica de forrageamento e caracterização de colônias de *Acromyrmex balzani* (Emery, 1890) (Hymenoptera: Formicidae) em ambiente de cerrado goiano. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*. 9: 1-12.

SOARES, I.M.F., T.M.C. DELLA LUCIA, A.A. SANTOS, I.C. NASCIMENTO, & J.H.C DELABIE. 2006. Caracterização de ninhos e tamanho de colônia de *Acromyrmex rugosus* (F.Smith) (Hymenoptera, Formicidae, Attini) em restingas de Ilhéus, BA, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 50 (1): 128 - 130.

SCHULTZ, T.R. & S.G. BRADY 2008. Major evolutionary transitions in ant agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.* 105:5435-5440

WALLER, D.A. 1989. Foraging behavior of *Trachymyrmex turrifex* Wheeler (Formicidae: Attini). *The Southwestern Naturalist* 34 (2): 271-275.

WEBER, N. A. 1972. *Gardening ants: the attines*. Philadelphia: Memoirs of the American Philosophical Society 146p.

WETTERER, J.K. 1991. Foraging ecology of the leaf-cutting ant *Acromyrmex octospinosus* in a Costa Rican rain forest. *Psyche*, Cambridge, **98**: 361-371.

WETTERER, J.K. 1993. Foraging and nesting ecology of a Costa Rican leaf-cutting ant, *Acromyrmex volcanus*. *Psyche*, Cambridge, 100 (1-2): 65-76.

WETTERER, J.K., D.S. GRUNER & J.E. LOPEZ. 1998. Foraging and nesting ecology of *Acromyrmex octospinosus* (Hymenoptera: Formicidae) in a Costa Rican tropical dry forest. *Florida Entomologist*, Gopher, 81 (1): 61-67.

VERZA, S.S. 2007. Biologia de *Acromyrmex rugosus rugosus* F. Smith, 1858 (Hymenoptera, Formicidae). 124f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas/) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

WILSON, E. O. 1980. Caste and division of labor in leaf- cutter ants (Hymenoptera, Formicidae). I: The overall pattern in *Atta. sexdens*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 7: 143-56,

WILSON, E. O. Caste and division of labor in leaf- cutter ants (Hymenoptera, Formicidae: *Atta*). IV: Colony ontogeny of *A. cephalotes*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 14: 55-60, 1983.

**CAPÍTULO IV – MORFOMETRIA DAS OPERÁRIAS DE *Acromyrmex balzani*
Emery, 1890 (Hymenoptera, Formicidae)**

Sociobiology

RESUMO

As formigas cortadeiras apresentam diferenças morfológicas entre as subcastas de operárias. Cada subcasta exerce um papel diferente dentro da colônias, essas diferenças variam de espécie pra espécie. Estudos relacionados à morfometria das operárias possibilitam conhecer o número de subcastas de cada grupo através das medidas no corpo dos indivíduos. Assim, o objetivo do trabalho foi conhecer o número de subcastas físicas de operárias existentes em *Acromyrmex balzani*, ou seja, saber qual o grau de polimorfismo e estudar as variações de tamanho em cinco ninhos dessa espécie. Para esse estudo da morfometria de operárias de *A. balzani*, foram utilizadas operárias de cinco ninhos, coletados em Botucatu, SP, Brasil (22^o53'09" S; 48^o26'42"W). Primeiramente, foi realizada a contagem total dos indivíduos nos ninhos; em seguida, as operárias foram separadas visualmente em grupos, assim

denominados: pequenas (PQ), médias (M), e grandes (G). Posteriormente, foram medidas 50 operárias de cada categoria de tamanho em cada ninho. Foram feitas medidas no corpo das operárias, assim adotadas: LC – largura da cabeça (a maior distância através dos occipitais) e comprimento de Weber (tórax + pecíolo) (Figura 1). As medidas foram feitas sob microscópio estereoscópico, com ocular micrométrica, e as mesmas foram convertidas em milímetros. Os resultados indicam o agrupamento de três subcastas de operárias assim determinadas pequenas (cápsula cefálica: 0,8 mm), médias (cápsula cefálica: 1,4 mm) e grandes (cápsula cefálica: 2,4 mm). Na distribuição de frequência é possível saber que as operárias pequenas foram as predominantes, seguidas das operárias grandes.

Palavras Chave: Polimorfismo, subcastas, morfometria

INTRODUÇÃO

As formigas do gênero *Acromyrmex* são do ponto de vista taxonômico, um dos mais difíceis grupos a serem estudados, pelo acentuado polimorfismo das espécies e grande variabilidade individual. Embora alguns caracteres sistemáticos sejam importantes, as proporções dos mesmos variam de uma colônia para a outra e entre indivíduos da mesma colônia, além de ocorrer certa frequência na assimetria bilateral da cabeça (Gonçalves, 1961; Diehl-Fleig, 1995). As operárias desse gênero apresentam elevado grau polimórfico, com tamanhos variados (ANJOS et al. 1998). A determinação de castas em *Acromyrmex* ainda é bastante controversa devido ao alto grau de polimorfismo. A variação de tamanho das operárias é uma distribuição contínua (Hölldobler & Wilson, 1990), sendo bastante provável a ocorrência de variabilidade dentro de uma casta e, conseqüentemente, de uma divisão de trabalho mais refinada (Jeanne, 1976). De acordo com Oster & Wilson (1978), casta é um conjunto de indivíduos de uma colônia, especializados em atividades particulares que exercem por um período prolongado.

As formigas cortadeiras de folhas apresentam uma complexa divisão de trabalho entre as subcastas de operárias (Wilson, 1980; Weterrerr, 1990). Esta divisão é considerada uma forma avançada de organização social envolvendo castas morfologicamente distintas responsáveis por tarefas específicas (Weber, 1972). Nesse processo, a realização das diversas

tarefas está relacionada com o tamanho das operárias. Para ser eficiente, a divisão de trabalho deve se dar pelo recrutamento diferenciado de formigas de determinado tamanho, aumentando a probabilidade destas de realizarem um conjunto de tarefas, sem muito gasto energético para a colônia (Wilson, 1980 a, b). A divisão fundamental dentro da colônia está na casta reprodutiva e na casta de operárias, onde pode-se ter uma ou mais classes individuais de tamanho ou idade, classificadas como subcastas temporais, cujo comportamento está relacionado com a idade e subcastas físicas, cujo comportamento está relacionado com o tamanho (Oster & Wilson, 1978).

O tamanho da operária está relacionado com a tarefa executada dentro e fora do ninho. Mas por outro lado, pode estar relacionado com a idade das formigas, chamado de polietismo etário, onde as operárias jovens realizam as tarefas dentro do ninho, enquanto que as operárias mais velhas executam tarefas externas (Wilson, 1971; Camargo, 2007). A distribuição dos tamanhos das operárias em espécies polimórficas, em conjunto com as formas de exploração, procura de alimento e recrutamento das operárias, são fatores importantes na determinação dos itens alimentares utilizados (Fowler, 1991). As operárias pequenas e médias são predominantes na população de uma colônia de formigas cortadeiras e são responsáveis por um grande número de tarefas realizadas dentro do ninho (Littledyke & Cherret, 1976; Andrade, 2002).

Wetterer (1999) estudou a distribuição de tamanho das operárias de três espécies de *Acromyrmex*, *A. octospinosus*, *A. volcanus* e *A. coronatus*. O autor concluiu que as espécies de *Acromyrmex* possuem somente duas castas de operárias, operárias pequenas e grandes. Já as médias não seriam uma casta distinta e sim uma extensão da distribuição de tamanho das menores operárias. Além disso, as diferenças nos tamanhos das operárias adultas são geralmente determinadas não pelos caracteres intrínsecos, mas até certo ponto pela maneira pelas quais as operárias da colônia alimentam suas larvas. O tamanho do adulto é estabelecido durante a metamorfose; conseqüentemente, a operária adulta não muda de tamanho. No entanto, outros autores sugerem a existência de no mínimo três tamanhos de operárias em *Acromyrmex* (pequenas, médias e grandes) ou mais (Gonçalves, 1961; Andrade, 2002; Lopes, 2004; Forti et al. 2004), onde dentro de cada subcasta encontram-se as variações nos espécimes, com relação ao tamanho do corpo, posição dos espinhos da cabeça e do tronco e simetria bilateral (Gonçalves, 1961; Ribeiro & Queiroz, 1993).

Embora alguns caracteres sistemáticos sejam importantes, as proporções dos mesmos variam de uma colônia para a outra e entre indivíduos da mesma colônia, além de ocorrer certa frequência na assimetria bilateral da cabeça (Gonçalves, 1961; Diehl-Fleig, 1995). Devido a estes fatos, é possível que o número de subespécies em *Acromyrmex* esteja superestimado. Estudos relacionados ao grau de polimorfismo nas espécies e subespécies e variabilidade morfológica entre indivíduos de colônias diferentes ou de uma mesma colônia são escassos neste gênero. Assim, o objetivo desse trabalho foi verificar o número de subcastas de operárias em *Acromyrmex balzani* e estudar as variações de tamanho dos indivíduos em cinco ninhos dessa espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Para determinar o grau de polimorfismo das operárias e saber o número de castas físicas na espécie em questão, foram utilizados cinco ninhos de *A. balzani*, coletados em Botucatu, SP, Brasil (22^o53'09" S; 48^o26'42"W). As populações totais dos ninhos foram respectivamente de 337, 2873, 820, 722 e 726 indivíduos. Não foram encontrados machos e fêmeas alados, demonstrando que esses ninhos não estavam no período de produção desses indivíduos. Foram estudadas as variações do tamanho das operárias sendo as mesmas separadas visualmente em grupos, denominados: pequena (PQ), média (M), e grande (G). Posteriormente foram medidas 50 operárias de cada categoria de tamanho em cada ninho. Foram feitas medidas no corpo das operárias, assim adotadas: LC – largura da cabeça (a maior distância através dos occipitais) e comprimento de Weber (tórax + pecíolo) (Figura 1). As medidas foram feitas sob microscópio estereoscópico, com ocular micrométrica, e as mesmas foram convertidas em milímetros. Foram adotadas essas medidas por serem importantes na diferenciação das castas, principalmente a largura da cabeça, pois é na cabeça que ocorrem as adaptações fisiológicas e a taxa de crescimento é diferenciada. Com os dados obtidos, foram calculados a média e o desvio padrão, para os diferentes tamanhos de operárias. As relações das variáveis morfométricas, foram analisadas por meio de uma regressão linear simples. Os dados morfométricos também foram submetidos à análise de cluster hierárquico, considerando-se as três classes de agrupamento propostas. Para tanto, foram utilizados como parâmetros comparativos entre as castas o comprimento de Weber e a largura da cabeça.

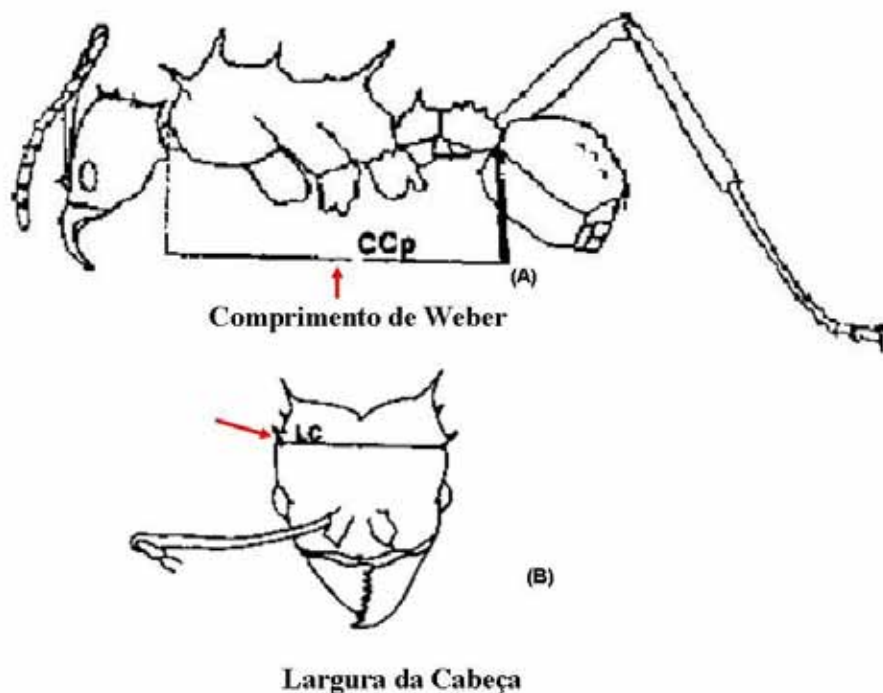


Figura 1. Esquema do corpo de *Acromyrmex* sp. (A) Esquema do corpo de uma operária em vista lateral, demonstrando a medida morfométrica efetuada, CCP (Comprimento do corpo). (B) Esquema da cabeça de uma operária em vista frontal, demonstrando a medida morfométrica efetuada, LC (largura da cabeça).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que as larguras médias da cabeça das categorias de tamanho nos cinco ninhos de *A. Balzani*, foram respectivamente, categoria pequena (cápsula cefálica: 0,7 a 1,0 mm), categoria média (cápsula cefálica: 1,1 a 1,8 mm), categoria grande (cápsula cefálica: 1,9 a 3,1 mm).

Na análise de regressão linear entre os parâmetros morfométricos analisados, verificou-se correlação significativa entre os mesmos ($R^2 = 97\%$), indicando que há variação de tamanho na espécie. Essa distribuição foi contínua, sugerindo três subcastas de operárias; pequena, média e grande (Figura 2).

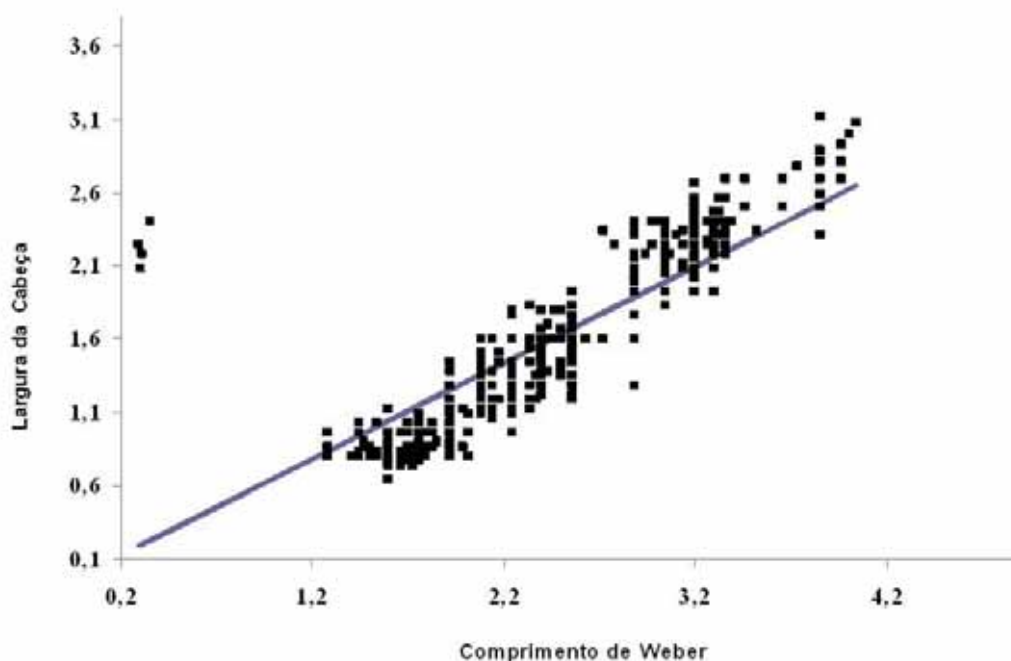


Figura 2. Relação do comprimento de Weber com a largura da cabeça ($R^2=0,97$) em ninhos de *Acromyrmex balzani*, indicando número de subcastas físicas nas operárias. $n= 750$ indivíduos.

As medidas da largura da cápsula cefálica das operárias de formigas, têm sido utilizadas como variável para determinar a distribuição de tamanho das operárias de *Atta cephalotes*, *Atta sexdens*, *Atta wollenweideri*, *Acromyrmex coronatus*, *Acromyrmex crassispinus*, *Acromyrmex octospinosus*, *Acromyrmex rugosus*, *Acromyrmex subterraneus subterraneus*, *Acromyrmex subterraneus bruneus*, *Acromyrmex subterraneus molestans* e *Acromyrmex volcanus* (Stradling, 1978; Wilson, 1980,1983; Fowler, 1983; Wetterer,1999; Andrade, 2002; Simas et al. 2003; Lopes, 2004; Forti et al . 2004; Camargo et al. 2005; Verza, 2007). Isso porque é na cabeça das operárias que ocorrem as adaptações necessárias e o crescimento é diferenciado para executar as diferentes tarefas dentro da colônia.

Verza (2007) comparou as médias das variáveis morfométricas do tamanho total da operária (CT), largura da cápsula cefálica (LC) e comprimento da tibia posterior (CTP) e não

encontrou diferenças significativas para esses parâmetros analisados entre as colônias estudadas; no entanto, quando a autora comparou o comprimento da cápsula cefálica (CCb) e o comprimento do corpo (CCp), estes foram diferentes significativamente entre as colônias, reforçando a hipótese de que é na cabeça das operárias que estão as variações morfológicas. Estas variações morfológicas das operárias existentes entre os ninhos estudados, também já foram relatadas para as operárias de outras espécies de *Acromyrmex* e variam tanto intra quanto inter colônias (Gonçalves, 1961; Ribeiro & Queiroz, 1993; Andrade, 2002; Verza, 2007).

A análise de cluster hierárquico indicou diferenças significativas entre as categorias de tamanho para as variáveis de caracteres morfológicos avaliados, possibilitando confirmar o agrupamento de três grupos de tamanhos (Figura 3). Essa análise reconhece que as medidas são suficientemente similares para serem alocadas no mesmo grupo, identificando distinções e separações entre os grupos.

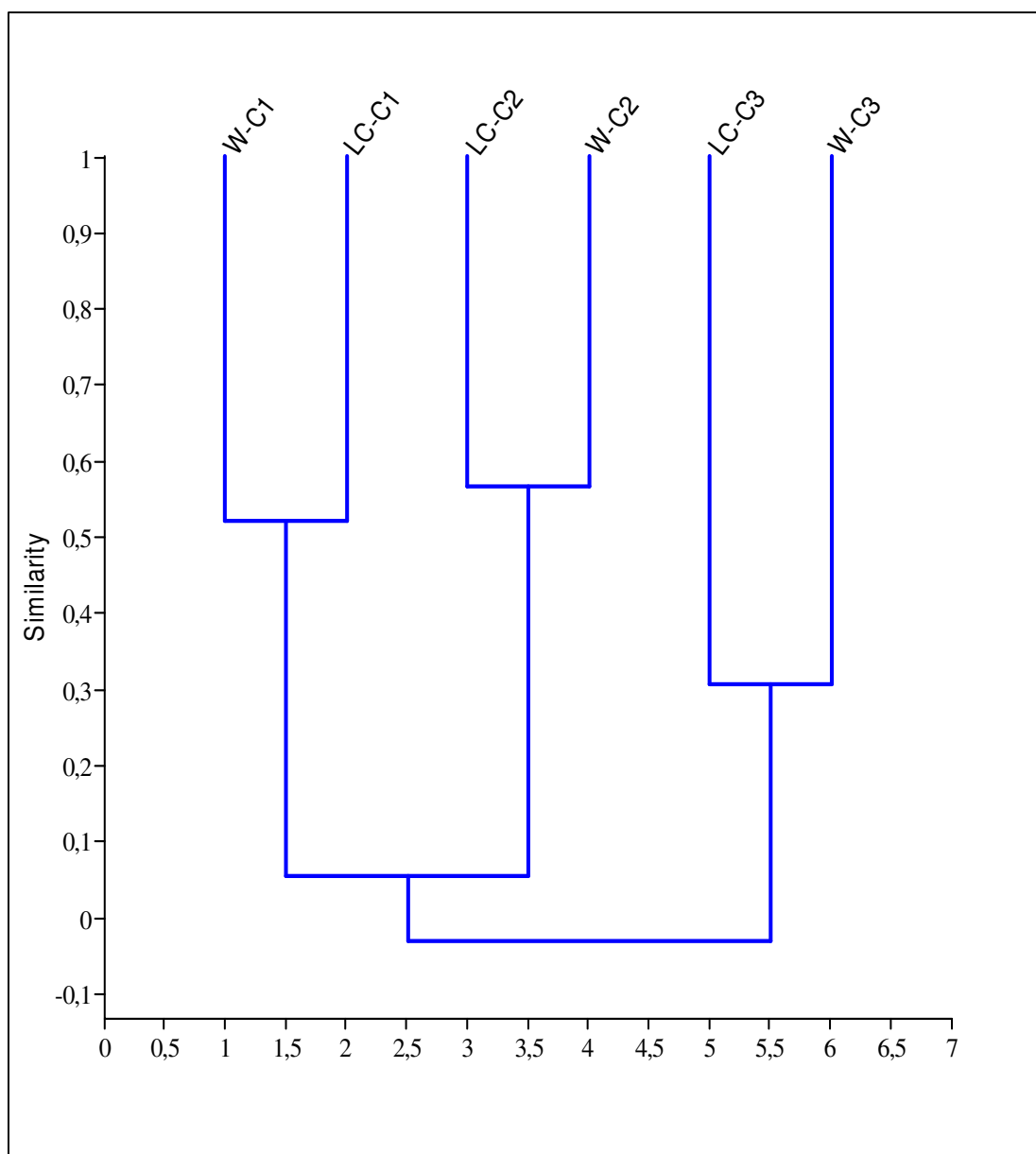


Figura 3. Dendrograma gerado na análise de cluster hierárquico entre as 3 castas propostas levando em conta o comprimento de Weber e a largura da cabeça. Análise realizada utilizando Grupos Pariados (algoritmo) e a medida de similaridade considerou o índice de Correlação.

Os resultados morfométricos obtidos, também estão de acordo com os dados obtidos de estudos comportamentais por Lopes (2004), o qual investigou como as tarefas executadas durante a incorporação de vegetais no jardim de fungo se distribuem entre as classes de tamanho em *A.balzani*, *A.crassispinus* e *A.rugosus rugosus*. Nesse estudo foram estabelecidas

5 classes de tamanho e conforme as observações realizadas durante o forrageamento, sugeriu a existência de apenas 3 subcastas.

Já Wetterer (1999), afirma que as espécies de *Acromyrmex* possuem somente duas castas de operárias, operárias pequenas e grandes, e as médias por sua vez não seriam uma casta distinta e sim uma extensão da distribuição de tamanho das menores operárias. Além disso, as diferenças nos tamanhos das operárias adultas são geralmente determinadas não pelos caracteres intrínsecos, mas até certo ponto pela maneira pelas quais as operárias da colônia alimentam suas larvas. O tamanho do adulto é estabelecido durante a metamorfose, conseqüentemente, a operária adulta não muda de tamanho. No entanto, outros trabalhos realizados para o gênero sugerem a existência de no mínimo três tamanhos de operárias em *Acromyrmex* (pequenas, médias e grandes) (Gonçalves, 1961; Andrade, 2002; Forti et al. 2004; Verza, 2007). Nesse caso, as variações dentro de cada subcasta estariam nos espécimes com relação ao tamanho do corpo, posição dos espinhos da cabeça e do tronco e simetria bilateral (Gonçalves, 1961; Ribeiro & Queiroz, 1993).

Por sua vez Oster e Wilson (1978) afirmaram que a variação de tamanho de uma espécie de *Atta* é contínua abrangendo subcastas muito distintas morfológicamente, mínima, média e grande. Esses mesmos autores fizeram somente uma referência em relação às castas do gênero *Acromyrmex*, colocando-o em uma categoria intermediária entre *Trachymyrmex* e *Atta* como tendo pelo menos uma espécie polimórfica, possuindo duas subcastas de operárias.

Por meio da análise de distribuição de frequência de tamanho para as amostras dos cinco ninhos estudados observou-se a existência de três subcastas de operárias, pequenas, médias e grandes (Figura 4). Esses dados estão de acordo com Andrade (2002), que também observou a distribuição de três subcastas, pequena, média e grande, para as subespécies *Acromyrmex subterraneus* e *A. molestans*. No entanto, essa autora relata que as operárias pequenas foram as predominantes dentro da colônia e as médias sendo a porção intermediária, o que difere em *Acromyrmex balzani* é que as operárias grandes ocupam a porção intermediária da colônia e as médias foram as menos predominantes. Isso ocorre provavelmente pelo fato da população das colônias de *A. balzani* ser menos numerosa que as outras. Lopes (2004) relata que o tamanho grande de operárias de *A. balzani* é atuante em várias tarefas dentro da colônia, juntamente com as operárias pequenas e médias, o que não ocorre em outras espécies de *Acromyrmex*, onde as operárias grandes são responsáveis por

tarefas externas do ninho. Essa autora acrescenta ainda que, a distribuição diferenciada das tarefas entre operárias de *A. balzani* pode estar relacionada com o fato das colônias dessa espécie serem menos populosas, visto que o tamanho da colônia tem influência na distribuição de tamanho das operária (Wilson, 1983) e, conseqüentemente, na distribuição das tarefas dentro do ninho. Outra hipótese estaria relacionada com o fato das cortadeiras de gramíneas não processarem tanto o material vegetal. Assim, os fragmentos vegetais manipulados são maiores, permitindo a atuação de operárias grandes.

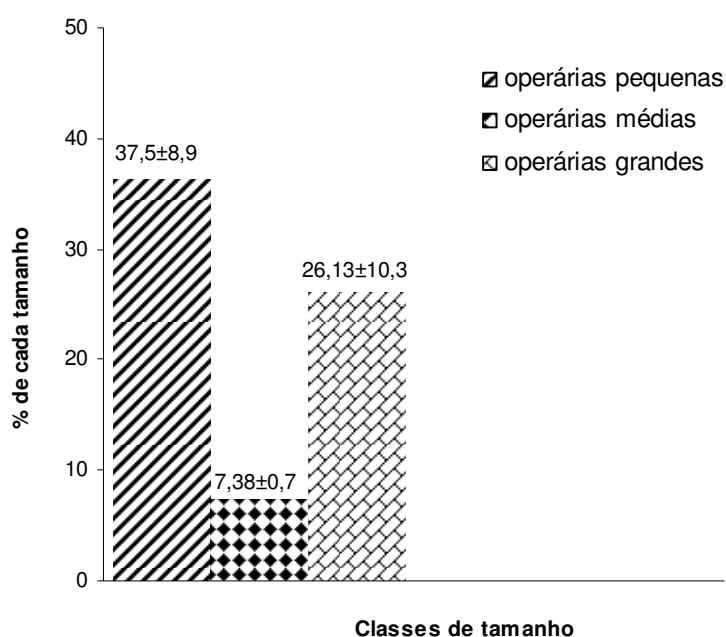


Figura 4. Distribuição de frequência de cada tamanho nos cinco ninhos de *Acromyrmex balzani*.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.P.P. 2002. Biologia e taxonomia comparada das subespécies de *Acromyrmex subterraneus* Forel, 1893 (Hymenoptera, Formicidae) e contaminação das operárias por iscas tóxicas. 2004.168f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas/) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

ANJOS, N. S., DELLA LUCIA, T. M. C. & MAYHÉ-NUNES A. J. 1998. Guia prático sobre formigas cortadeiras em reflorestamento. Ponte nova, MG. 100p.

CAMARGO, R.S., FORTI L.C., ANDRADE A.P.P., MATOS C.A.O. & LOPES J.F.S. 2005. Morphometry of the sexuals forms of *Acromyrmex subterraneus brunneus* Forel, 1911 (Hym., Formicidae) in queenright and queenless laboratory colonies. *J.Appl.Entomol.* 129: 347-351.

CAMARGO, R.S., FORTI L.C., LOPES J.F.S. & OTTATI A.L.T. 2007. Age polyetism in leaf-cutting ant *Acromyrmex subterraneus brunneus* Forel, 1911 (Hymenoptera: Formicidae). *Journal Applied Entomology*.

DIEHL-FLEIG, E. 1995. Formigas: organização social e ecologia comportamental. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 168p.

FORTI, L.C., CAMARGO, R.S., MATOS, C.A.O., ANDRADE, A.P.P. & LOPES J.F.S. 2004. Aloetismo em *Acromyrmex subterraneus brunneus* Forel (Hymenoptera, Formicidae), durante o forrageamento, cultivo do jardim de fungo e devolução dos materiais forrageados. *Rev. Bras. Entomol.* 48: 59-63.

FOWLER H.G.1983. Latitudinal gradients and diversity of the leaf-cutting ants (*Atta* and *Acromyrmex*) (Hym., Formicidae). *Rev.Biol.Trop.*31:213-216.

FOWLER H.G., FORTI, L.C., BRANDÃO, C.R.F., DELABIE, J.H.C. & VASCONCELOS H.L. 1991. Ecologia nutricional de formigas. In: *Ecologia nutricional de insetos e suas*

aplicações no manejo de pragas (Panizzi A.R. & Parra J.R.P., Eds), Manole, São Paulo, Brasil. pp.131-223.

GONÇALVES, C.R.1961. O Gênero *Acromyrmex* no Brasil (Hymenoptera: Formicidae). *Studia Entomologica* 4 (114): 113-180.

HÖLLDOBLER, B. & E.O. WILSON. 1990. *The ants*. Cambridge: Harvard University Press, 732p.

JEANE, R.L. 1976. The evolution of organization of work in social insects. *Monitore Zoologico Italiano*, 20: 119 -133.

LOPES J.F.S. 2004. Diferenciação comportamental de espécies de *Acromyrmex spp.* (Mayr, 1865) (Hymenoptera, Formicidae) cortadeiras de monocotiledôneas e dicotiledôneas. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, Brasil. 93pp.

LITTLEDYKE, M. & CHERRETT M. 1976. Direct ingestion of plant sap from cut leaves by the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Formicidae, Attini). *Bulletin of Entomological Research*, 66: 205-217.

OSTER , G. & WILSON, E.O 1978. *Caste and Ecology in the Social Insects*. Princeton New Jersey: Princeton University Press.

RIBEIRO, J. D. & QUEIROZ M.V.B. 1993. Aspectos morfométricos em operárias máximas de *Acromyrmex landolti balzani* (Hymenoptera: Formicidae). *Rev. Ceres* 40: 397-404.

SIMAS, V. R., COSTA, E.C. & SIMAS C.A. 2003. Morfometria de operárias de *Atta vollenweideri* (Forel, 1893) (Hymenoptera: Formicidae). *Rev. Fac. Zootc. Vet. Agro*.9:76-82.

STRADLING, D.J. 1978. The influence of size on foraging in the ant, *Atta cephalotes*, and the effect of some plant defence mechanisms. *J. Anim.Ecol.* 47:173-188.

- VERZA, S.S. 2007. Biologia de *Acromyrmex rugosus rugosus* F. Smith, 1858 (Hymenoptera, Formicidae). 124f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas/) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- WEBER, N. A. 1972. Gardening ants: the attines. Philadelphia: Memoirs of the American Philosophical Society 146p.
- WETTERER, J.K. 1990. Diel changes in forager size, activity, and load selectivity in a tropical leaf-cutting ant, *Atta cephalotes*. Ecol. Entomol., v.15, p.97-104.
- WETTERER, J.K. 1999. The Ecology and Evolution of worker size distribution in leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae). Sociobiology, 34(1): 119-144.
- WILSON, E. O. 1971. The insect societies. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA. 548pp.
- WILSON, E. O. 1980a. Caste and division of labor in leaf- cutter ants (Hymenoptera, Formicidae). I: The overall pattern in *Atta. sexdens*. Behavioral Ecology Sociobiology. 7: 143-156.
- WILSON, E. O. 1980b. Caste and division of labor in leaf- cutter ants (Hymenoptera, Formicidae).II: The ergonomic optimization of leaf-cutting. Behavioral Ecology Sociobiology. 7:157-65.
- WILSON, E. O. 1983. Cast and divison of labor in leaf-cutter ants (Hymenoptera, Formicidae: *Atta*).IV: Colony ontogeny of *A.cephalotes*. Behav. Ecol. Sociobiol. 14:55-60.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A espécie *Acromyrmex balzani* é citada por vários autores como importante praga de pastagem e cana-de-açúcar. Apesar de essa espécie construir ninhos de tamanho reduzido, pode causar severos danos, pois cortam a pastagem muito rente ao solo. Esse fato aliado à alta densidade dos ninhos pode trazer sérios prejuízos para as pastagens. Em função dos prejuízos econômicos, vários métodos de controle são empregados e estudados. Porém sem o conhecimento da biologia básica das espécies o controle com formicidas se torna mais difíceis de serem aplicados, uma vez que cada espécie possui características próprias. Os estudos de arquitetura, tamanho da população dos ninhos, morfometria das operárias e a polidomia dos ninhos, agregam mais dados biológicos, um complementando o outro e nos auxiliando a entender melhor a vida dessa espécie. Assim sendo, esse estudo atendeu seu objetivo de pesquisar os aspectos biológicos de *A. balzani*, trazendo contribuições para o conhecimento da espécie e a oportunidade de se realizar novas pesquisas relacionadas, para melhor conhecer a biologia básica das espécies do gênero *Acromyrmex*, uma vez que pouco se sabe a respeito dessas espécies. Este tipo de pesquisas se torna interessante e espera-se que os resultados possam contribuir em áreas aplicadas, uma vez que é possível conhecer vários parâmetros sobre cada espécie. Desse modo, os conhecimentos sobre a biologia e

comportamento das espécies darão subsídios para o aprimoramento dos métodos de controle chegando-se a praticas menos impactantes a natureza.

6. CONCLUSÕES

- *A. balzani* possui ninhos polidômicos.
- A arquitetura dos ninhos de *A. balzani* é simples (ou pouco elaborada).
- O volume do fungo está relacionado ao número de operárias na colônia.
- Existem três subcastas físicas em *A. balzani*.
- As operárias pequenas são as predominantes dentro da colônia.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, N. S., DELLA LUCIA, T. M. C., MAYHÉ-NUNES, A. J. **Guia prático sobre formigas cortadeiras em reflorestamento**. Ponte nova, MG. 100p. 1998.

ANDRADE, A.P.P. **Biologia e taxonomia comparada das subespécies de *Acromyrmex subterraneus* Forel, 1893 (Hymenoptera, Formicidae) e contaminação das operárias por iscas tóxicas**. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 168 p. 2002.

BASS, M.; CHERRETT, J. M. Fungal hyphae as a source of nutrients for the leaf-cutting ant *Atta sexdens*. **Physiological Entomology**, v. 20, p. 1-6, 1995.

DELLA LÚCIA, T.M.C.; MOREIRA, D.D.O. Caracterização dos ninhos. In: DELLALÚCIA, T.M.C. (Ed) As formigas cortadeiras. Viçosa: **Folha de Viçosa**, p.32-42. 1993.

DELABIE, J.H.C. *Atta Silvai* Gonçalves, sinônimo de *Atta laevigata* (Fred. Smith) (Hymenoptera, Formicidae, Attini). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.41, n.2-4, p.339-41, 1998.

GONÇALVES, C.R. O Gênero *Acromyrmex* no Brasil (Hymenoptera: Formicidae). **Stud. Entomol.**, Petrópolis, v.4, n.114, p.113-180, 1961.

GONÇALVES, C.R. *Acromyrmex multiconodus* (Forel, 1901), sinônimo de *Acromyrmex niger* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). **Rev. Brasil. Entomol.**, São Paulo, v.12, p.17-20, 1967.

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

FOWLER, H.G.; PEREIRA DA SILVA, V.; FORTI L.C.; SAES, N.B.; 1986. Population dynamics of leaf-cutting ants: a brief review. In: LOFGREN, C.S., VANDEMEER, R.K. (EDS) *Fire ants and leaf-cutting ants*. Boulder: **Westview**. p.123-45.

FOWLER, H.G. Taxa of the neotropical gran-cutting ants, *Acromyrmex* (Moellerius) (Hymenoptera: Formicidae: Attini). **Científica**, Jaboticabal, v.16, n.2, p.281-296, 1988.

HUBBEL, S.P.; WIEMER, D.F. Host plant selection by an Attine ant. In: JAISSON, P. (Ed.). **Social insects in the tropics**. Paris: University of Paris Press, v.2, p.133-154. 1983.

MARICONI, F.A.M. Inseticidas e seu emprego no combate às pragas. 2ª ed. S. Paulo, **Ceres**, 607p. 1963.

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

MAYHÉ-NUNES, A.J. **Estudo de *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) com ocorrência constatada no Brasil: subsídios para uma análise filogenética**. Viçosa, 122p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. 1991.

NAGAMOTO, N. S.; FORTI, L. C. ; ANDRADE, A. P. P.; BOARETTO, M. A. C. ; WILCKEN, C. F. Method for the evaluation of insecticidal activity over time in *Atta sexdens rubropilosa* workers (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, Chicago , v. 44, n. 2, p. 413-432, 2004.

OLIVEIRA, H. G.; LACERDA, F.G.; MARINHO, C.G.S.; DELLA LUCIA, T.M.C.. Atratividade de *Atta sexdens rubropilosa* por plantas de eucalipto atacadas previamente ou não por *Thyreoxena arnobia*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 3, p. 285-287, mar. 2004.

PAUL, J.; ROCES, F. Fluid intake rates in ants correlate with their feeding habits. **Journal of Insect Physiology** 49:347-357. 2003.

REBULA, C. A.; MORAIS, H. C.; ALVES, F. S. Estudo de altas concentrações de alumínio na dieta de *Atta sexdens* aspectos da dinâmica colonial. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2003, Fortaleza. **Anais...** p. 406-407. 2003.

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

SANTSCHI, F. Revision du genre *Acromyrmex* Mayr. **Rev. Suisse Zool.**, Geneva, v.31, n.10, p. 335-3987, 1925.

SHULTZ, T.R.; MEIER, R.A.; A phylogenetic analysis of the fungus-growing ants (Hymenoptera: Formicidae: Attini) based on morphological characters of the larvae. **Syst. Entomol.**, v.20, p.337-370, 1995.

SCHULTZ, T.R.; BRADY, S.G. Major evolutionary transitions in ant agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.** 105:5435-5440. 2008.

WEBER, N.A. Northern extent of Attine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Proc. Entomol. Soc. Wash.**, v. 72, p414-5. 1970.

WEBER, NA. **Gardening ants: the Attines**. Mem. Am. Philos. Soc., Philadelphia. 146 pp. 1972.

WILSON, E. O. **The insect societies**. Cambridge: Harvard University, 548p. 1971.

WILSON, E. O. Causes of ecological success the case of ants. **Journal Animal Ecology**, v. 56, p. 1-9, 1987.