**CONTROLE ASSOCIADO DE *Heterotermes tenuis* (HAGEN, 1858)
(ISOPTERA: RHINOTERMITIDAE) COM ISCAS ATRATIVAS, EM
CANA-DE-AÇÚCAR**

DANIELLA MACEDO

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. **SÉRGIO BATISTA ALVES**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Área de Concentração:
Entomologia.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Novembro – 2000

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Macedo, Daniella

Controle associado de *Heterotermes tenuis* (Hagen, 1858) (Isoptera: Rhinotermitidae) com iscas atrativas, em cana-de-açúcar / Daniella Macedo. -- Piracicaba, 2000.

74 p.

Dissertação (mestrado) -- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.
Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar 2. Controle integrado 3. Cupim-subterrâneo 4. Densidade populacional 5. Isca 6. Praga agrícola I. Título

CDD 633.61

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais,

Newton e Maria Inês

Ao meu irmão,

Rodrigo

E à minha tia,

Dorinha

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Sérgio Batista Alves, Professor Associado do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, pela valiosa orientação, incentivo e amizade.

Aos Professores do curso de Pós-graduação em Entomologia da ESALQ - USP, pelos ensinamentos e colaboração.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos.

Aos funcionários do Setor de Entomologia da ESALQ – USP, especialmente à Solange Aparecida Vieira.

Aos amigos do curso de Pós-graduação, especialmente a Marcel Ricardo Tanzini, Rogério Biaggioni Lopes, Marco Antonio Tamai.

Aos Professores Dr. Newton Macedo (CCA/UFSCar Araras-SP), Maria Bernadete Silva Campos (CCA/UFSCar Araras-SP) e Dr. Sinval Silveira Neto (ESALQ – USP), pelos ensinamentos e colaborações.

A todos que contribuíram na realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	x
SUMMARY	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Aspectos biológicos e comportamentais	7
2.2 Área de forrageamento	9
2.3 Amostragens e estatísticas aplicadas no monitoramento de população ..	11
2.4 Métodos de Controle	16
2.4.1 Controle Químico	16
2.4.2 Controle Biológico	21
2.4.3 Iscas atrativas	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Área de forrageamento das colônias de <i>Heterotermes tenuis</i> em cana- de-açúcar	26
3.2 Densidade populacional, distribuição espacial e número de amostras	30
3.2.1 Estudo teórico	30
3.2.2 Estudo em Campo	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Área de forrageamento das colônias de <i>Heterotermes tenuis</i> em cana- de-açúcar	33
4.2 Densidade populacional, distribuição espacial e número de amostras	39
4.2.1 Estudo teórico	39
4.2.2 Estudo em Campo	45
5 CONCLUSÕES	63

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
------------------------------------	----

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Esquema da área de cana-de-açúcar, sobre o qual foram realizadas as pesquisas com <i>Heterotermes tenuis</i> . Fazenda São José, Município de Rio Claro – SP	27
2. Disposição das 400 iscas no campo (área experimental), com identificação dos pontos utilizados para dimensionamento da área efetiva de forrageamento de <i>Heterotermes tenuis</i>	28
3. Disposição das iscas no campo (B) à partir do ponto (A) considerado centro de uma colônia	29
4. Locais de forrageamento de cupins <i>Heterotermes tenuis</i> . Situação inicial de monitoramento das populações, com as respectivas notas, após a primeira liberação de insetos coloridos (Rio Claro-SP, 1997).....	35
5. Locais de forrageamento e notas de população de cupins <i>Heterotermes tenuis</i> . Situação após a segunda liberação de insetos coloridos (Rio Claro-SP, 1997).....	36
6. Locais de forrageamento (área efetiva) de cupins <i>Heterotermes tenuis</i> . Situação final de monitoramento das populações (Rio Claro-SP, 1997).....	37
7. Levantamento populacional de <i>Heterotermes tenuis</i> , com notas de população (0 à 3), em área de cana-de-açúcar, com isca Termitrap®. Olímpia-SP, 1995. (Área 1) (Densidade populacional = 0,08)	46
8. Levantamento populacional de <i>Heterotermes tenuis</i> , com notas de população (0 à 3), em área de cana-de-açúcar, com isca Termitrap®. Olímpia-SP, 1995. (Área 2) (Densidade populacional = 0,55)	47
9. Levantamento populacional de <i>Heterotermes tenuis</i> , com notas de população (0 à 3), em área de cana-de-açúcar, com isca Termitrap®. Olímpia-SP, 1995. (Área 3) (Densidade populacional = 0,30)	48

10. Levantamento populacional de <i>Heterotermes tenuis</i> , com notas de população (0 à 3), em área de cana-de-açúcar, com isca Termitrap®. Rio Claro-SP, 1995. (Densidade populacional = 0,27)	49
11. Levantamento populacional de <i>Heterotermes tenuis</i> , com notas de população (0 à 3), em área de cana-de-açúcar, com isca Termitrap®. Rio Claro-SP, 1996. (Densidade populacional = 0,22)	50
12. Levantamento populacional de <i>Heterotermes tenuis</i> , com notas de população (0 à 3), em área de cana-de-açúcar, com isca Termitrap®. Rio Claro-SP, 1997. (Densidade populacional = 0,20)	51
13. Levantamento populacional de <i>Heterotermes tenuis</i> , com notas de população (0 à 3), em área de cana-de-açúcar, com isca Termitrap®. Rio Claro-SP, 1999. (Densidade populacional = 0,31)	52
14. Valor de variação relativa (VR) para o levantamento realizado em Olímpia-SP (área 1)	59
15. Valor de variação relativa (VR) para o levantamento realizado em Olímpia-SP (área 2)	59
16. Valor de variação relativa (VR) para o levantamento realizado em Olímpia-SP (área 3)	60
17. Valor de variação relativa (VR) para o levantamento realizado em Rio Claro-SP (1995)	60
18. Valor de variação relativa (VR) para o levantamento realizado em Rio Claro-SP (1996)	61
19. Valor de variação relativa (VR) para o levantamento realizado em Rio Claro-SP (1997)	61
20. Valor de variação relativa (VR) para o levantamento realizado em Rio Claro-SP (1999)	62

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Área espacial do território de forrageamento para <i>Heterotermes tenuis</i> em cultura de cana-de-açúcar, baseado na liberação e recaptura de insetos marcados.....	34
2 Índice de Morisita (I_8) para áreas de cultivo comercial de cana-de-açúcar localizadas nos municípios de Olímpia-SP e Rio Claro-SP.....	40
3 Valores da média, variância e variação relativa (VR) calculados à partir de 16 levantamentos realizados no Quadro de amostragem de forma ao acaso...	41
4 Valores da média, variância e variação relativa (VR) calculados à partir de 20 levantamentos realizados no Quadro de amostragem de forma ao acaso...	42
5 Valores da média, variância e variação relativa (VR) calculados à partir de 16 levantamentos realizados no quadro de amostragem de forma sistematizada.....	43
6 Valores da média, variância e variação relativa (VR) calculados à partir de 20 levantamentos realizados no quadro de amostragem de forma sistematizada.....	44
7 Valores da média ($\bar{x}$), variância (s) e variação relativa (VR) calculados à partir de levantamentos realizados com 10 iscas Termitrap [®] por hectare em áreas de cultivo comercial de cana-de-açúcar localizadas nos municípios de Olímpia-SP e Rio Claro-SP.....	54
8 Valores da média ($\bar{x}$), variância (s) e variação relativa (VR) calculados à partir de levantamentos realizados com 20 iscas Termitrap [®] por hectare em áreas de cultivo comercial de cana-de-açúcar localizadas nos municípios de Olímpia-SP e Rio Claro-SP.....	55
9 Valores da média ($\bar{x}$), variância (s) e variação relativa (VR) calculados à partir de levantamentos realizados com 30 iscas Termitrap [®] por hectare em áreas de cultivo comercial de cana-de-açúcar localizadas nos municípios de Olímpia-SP e Rio Claro-SP.....	56

10 Valores da média ($\bar{x}$), variância (s) e variação relativa (VR) calculados à partir de levantamentos realizados com 40 iscas por hectare em áreas de cultivo comercial de cana-de-açúcar localizadas nos municípios de Olímpia-SP e Rio Claro-SP.....	57
11 Valores da média ($\bar{x}$), variância (s) e variação relativa (VR) calculados à partir de levantamentos realizados com 50 iscas Termitrap [®] por hectare em áreas de cultivo comercial de cana-de-açúcar localizadas nos municípios de Olímpia-SP e Rio Claro-SP.....	58

CONTROLE ASSOCIADO DE *HETEROTERMES TENUIS* (HAGEN, 1858) (ISOPTERA: RHINOTERMITIDAE) COM ISCAS ATRATIVAS, EM CANA-DE-AÇÚCAR

Autora: DANIELLA MACEDO

Orientador: Prof. Dr. SÉRGIO BATISTA ALVES

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram a determinação da área de forrageamento, densidade populacional, distribuição espacial de colônias e número mínimo de iscas para determinação de população de *Heterotermes tenuis* em área de cana-de-açúcar como base para o controle associado com iscas atrativas. O forrageamento foi estudado em áreas de 10.000 m² de cana-de-açúcar de terceiro corte, variedade RB806043, no município de Rio Claro-SP, em três colônias da mesma área, utilizando a técnica de captura, com as iscas Termitrap[®], seguida de marcação de operários, soldados e formas jovens, por meio de alimento colorido com azul de metileno a 0,25%, liberação e recaptura. A densidade populacional, a distribuição espacial e o número mínimo de iscas foram estudadas de 1995 à 1999, em áreas comerciais, nos municípios de Olímpia-SP e Rio Claro-SP, com avaliações utilizando-se 400 iscas, também do tipo Termitrap[®], distribuídas em espaçamento de 5x5m em áreas de 1 hectare. Por deduções matemáticas chegou-se que a área efetiva de forrageamento, média das três colônias, por um período de três meses, é de 66,67m², e que a área potencial de forrageamento é estimada em 334,8m². A distribuição espacial da população foi determinada como sendo do tipo agregada. A densidade populacional variou de 0,08 à 0,55/ha nos diferentes anos e locais do estudo e o número mínimo de iscas a ser utilizado por hectare para o monitoramento e/ou controle é de 20.

**ASSOCIATED CONTROL OF *HETEROTERMES TENUIS* (HAGEN,
1858) (ISOPTERA: RHINOTERMITIDAE) WITH BAITS IN
SUGARCANE**

Author: DANIELLA MACEDO

Adviser: Prof. Dr. SÉRGIO BATISTA ALVES

SUMMARY

This research was carried out to estimate the foraging area, density and spatial distribution of *Heterotermes tenuis* colonies in sugarcane areas, and to evaluate the minimum number of termite baits to be used for associated control of this pest. The foraging area was studied in three termite colonies by mark-release-recapture technique with the use of Termitrap[®] baits. Adults and nymphs of worker and soldier castes were marked with methylene blue at 0.25% in the diet. Colony density, spatial distribution and minimum number of baits were studied from 1995 to 1999 in commercial sugarcane areas in Olímpia-SP and Rio Claro-SP with Termitrap[®] baits distributed at 5x5m spacing in 10,000m². Based on mathematical models, the effective foraging area in a 3-month period was 66.67m² and estimated potential foraging area was 334.8m². The spatial distribution was aggregated and population density varied from 0.08 to 0.55 colonies/ha. The minimum number of Termitrap[®] baits to be used for monitoring or controlling *H. tenuis* was 20 per ha.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar ocupa cerca de 5,4 milhões de ha de área colhida no Brasil, com produção nacional de 339,9 milhões de toneladas e produtividade média da cana para indústria de 68,9 t/ha em 1998, e movimenta um grande volume de negócios relacionados à exportação de açúcar e ao programa nacional de álcool (Gonçalves & Veiga Filho, 1998). Apesar da grande importância da cultura para o Brasil, parte da produção ainda é perdida devido aos prejuízos causados por pragas, entre elas, as responsáveis por maiores danos são a broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*), *Migdolus fryanus*, cigarrinhas (*Mahanarva* spp.) e os cupins subterrâneos, especialmente *Heterotermes tenuis*.

Os cupins que ocorrem em cana-de-açúcar podem ser divididos em dois grupos em função do tipo de construção de suas colônias. Os cupins de montículos constroem ninhos epígeos na superfície do solo os quais apresentam arquitetura, consistência e tamanho variáveis, conforme a espécie. Esses ninhos abrigam o casal real e a maior parte da população (ovos, ninfas, operários e soldados) que fazem parte da colônia. Outro grupo é representado pelos cupins subterrâneos, cujos ninhos são difusos no perfil do solo, com sede muito difícil de ser localizada. No primeiro grupo, os gêneros mais comuns são *Cornitermes*, *Syntermes* e *Nasutitermes*, cujo controle, feito geralmente com produtos químicos, é relativamente fácil. O segundo grupo congrega os gêneros *Heterotermes*, *Procornitermes*, *Rhynchotermes*, *Anoplotermes*, *Neocapritermes*, *Embiratermes* e outros, bastante prejudiciais às culturas e de difícil controle, devido à localização dos ninhos.

No caso de cana-de-açúcar, são importantes as espécies que utilizam os tecidos vivos da planta, atingindo partes vitais, como sistema radicular e entrenós basais

em soqueiras, gemas e mudas em plantios recém instalados. A espécie *H. tenuis* é considerada a mais importante em áreas de cana-de-açúcar causando prejuízos médios da ordem de 10 t/ha/ano em áreas de ocorrência (Novaretti, 1985).

O método de controle químico convencional que consiste na aplicação de um inseticida com alto poder residual, no plantio da muda ou em área total, para a formação de uma barreira química, torna-se muito dispendioso e poluente (Almeida & Alves, 1995). Por essa razão, novas estratégias de controle de cupins subterrâneos vêm sendo desenvolvidas, como é o caso da isca atrativa impregnada com inseticidas químicos e/ou biológicos, na qual são levados em consideração aspectos do comportamento social do inseto, como trofalaxia, hábitos de limpeza ("grooming") e tigmotropismo. O modo de ação nesta estratégia é a transmissão de agentes químicos e/ou microbianos diretamente para os cupins, visando atingir toda a colônia por contato e troca de alimentos (Myles, 1992). Esta estratégia pode ser considerada ecologicamente segura, já que emprega uma concentração mínima de inseticida, não é poluente e atinge uma grande quantidade de insetos, chegando a eliminar toda a colônia.

A possibilidade de controle de *H. tenuis* em áreas de cana-de-açúcar utilizando-se iscas atrativas impregnadas com inseticidas em subdosagens é uma realidade que encontra-se em fase de pesquisa com testes de campo. Contudo, o avanço desta tecnologia exige um aprofundamento dos conhecimentos da bioecologia do inseto, a sua distribuição espacial e a área de forrageamento das colônias, para determinar a forma de distribuição e ao número mínimo de iscas por hectare. Visando o avanço tecnológico desta estratégia de controle, esse trabalho teve como objetivos: determinar a área de forrageamento das colônias de *H. tenuis* em áreas de cana-de-açúcar e, através de levantamentos e equações matemáticas, calcular o número mínimo de iscas/ha necessárias para monitoramento e/ou controle de *H. tenuis*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Os cupins são considerados pragas de grande importância em muitas regiões do mundo. Apesar desse fato, poucos são os estudos que revelam a importância destes insetos na cultura da cana-de-açúcar. Assim, são raros os estudos de bioecologia dos gêneros importantes, metodologias de controle e seus custos.

As espécies de maior distribuição no Estado de São Paulo são do gênero *Cornitermes*, porém, as espécies dos gêneros *Heterotermes* e *Procornitermes* estão mais associadas com danos aos canaviais (Almeida et al., 1989).

Em relação aos danos, poucos são os trabalhos que correlacionam as populações de cupins aos danos causados às plantas cultivadas. Algumas espécies de interesse econômico ocorrem em altas densidades como *Heterotermes aureus* com até 190 colônias/ha (Haverty et al., 1975).

Estudando a distribuição de cupins em cana-de-açúcar, em 60 municípios paulistas, pertencentes às regiões de Jaú e Sertãozinho, Arrigoni et al. (1989) constataram a ocorrência de *Cornitermes bequarti*, *Cornitermes cumulans*, *Embiratermes* spp., *H. tenuis*, *Nasutitermes* spp., *Neocapritermes opacus*, *Neocapritermes parvus*, *Procornitermes triacifer*, *Syntermes dirus* e *Syntermes molestans*. A espécie *H. tenuis* foi constante em solos argilosos, arenosos e de textura média e em áreas de Terra Roxa Estruturada (TRE) e Latossolo Vermelho Amarelo (LVA). Os autores concluíram, baseados em observações e experimentos de campo, que as espécies causadoras de maiores danos em ordem decrescente de importância são: *H. tenuis*, *Heterotermes longiceps*, *P. triacifer*, *N. opacus* e *S. molestans*.

A ocorrência e constatação de *H. tenuis*, em cana-de-açúcar no país, foi feita por Pizano & Fontes (1986), quando também encontraram a espécie *H. longiceps*, que é

morfologicamente semelhante à *H. tenuis*. Estas espécies penetram no "rizoma" e toletes, fazendo galerias, danificando a parte subterrânea, podendo até mesmo atingir a parte aérea da planta. Possuem ampla distribuição nos Estados do Pará, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e São Paulo.

A espécie *H. tenuis* também é considerada a mais importante para a cana-de-açúcar no Panamá causando prejuízos de até 35%, e prevalecendo também na Jamaica e Ilhas de Leeward (Harris, 1984).

Kumarasinghe & Ranasinghe (1988) estudaram a incidência de cupins em cana-de-açúcar no Sri Lanka. Segundo estes autores, 17,4% de danos à cultura são causados por cupins. As espécies mais freqüentes e mais danosas foram *Odontotermes redmani* com 86% de incidência, seguida da espécie *Odontotermes horni*, com 14%. Foram encontrados também os gêneros *Heterotermes* e *Nasutitermes*.

Os ataques e os danos dos cupins em cana-de-açúcar podem ser de três tipos: logo após o plantio, no tolete semente com posterior ataque às raízes, resultando em falhas na germinação; na fase de maturação, penetrando nos colmos e provocando o secamento e morte dos mesmos e nas soqueiras, após a colheita, como extensão do ataque, destruindo os entrenós basais, resultando em falhas na futura brotação da lavoura (Novaretti, 1985).

De acordo com Mill¹, citado por Almeida (1994), os cupins pragas podem ser divididos em três categorias: 1) espécies que são pragas esporádicas e ocorrem ocasionalmente sem causar danos econômicos; 2) aqueles que são pragas em potencial, ou seja, poderiam ser importantes se ocorresse um aumento do número de colônias; 3) espécies que são pragas regulares, isto é, estão sempre presentes e causam dano econômico à cultura. A espécie *H. tenuis* pode ser enquadrada nas três categorias já que é considerada praga de culturas como: cana-de-açúcar, amendoim, algodão, arroz, mandioca, milho, pastagens, sistemas florestais e frutíferas.

¹ MILL, A. Termites as agricultural pests in Amazonia, Brasil. **Outlook on Agriculture**, v.21, n.1, p.41-46, 1992.

Macedo (2000, comunicação pessoal) têm observado que, na região centro-sul do Brasil, os cupins subterrâneos são mais daninhos aos canaviais no período seco, que vai do final do outono ao início da primavera. Neste período, devido à baixa umidade no solo, o inseto se instala em maior quantidade nas touceiras da cana-de-açúcar, onde encontram abundância de alimento e disponibilidade de água, essencial à sua sobrevivência. Instalando-se nas touceiras os cupins provocam o seu esgotamento e/ou morte, pela alimentação nos tecidos e abertura de galerias, nas quais há invasão de microrganismos, o que resulta no comprometimento da produtividade da lavoura na colheita subsequente.

Em relação ao tipo de solo, Gallo et al. (1988) mencionaram que os cupins são mais prejudiciais para o cultivo em solos arenosos, supondo-se que haja maior frequência de espécies subterrâneas prejudiciais à agricultura neste tipo de solo, embora nenhuma pesquisa tenha comprovado este fato.

No Brasil não há estimativas de prejuízos causados pelos cupins, mas sua importância econômica como praga pode ser avaliada pelo consumo anual de inseticidas. No Estado de São Paulo foram aplicados no plantio da cana-de-açúcar cerca de 150 toneladas de ingrediente ativo de organoclorados (heptacloro e aldrin), em cerca de 250.000ha, com a finalidade de proteção, especialmente ao ataque dos cupins subterrâneos (Planalsucar, 1985). As restrições ao uso desses produtos estimularam as pesquisas sobre os cupins, e hoje o consumo de inseticidas no controle desta praga está sendo feito com um embasamento técnico muito maior. Assim, aplica-se o produto apenas em áreas de ocorrência da praga, constatadas à partir de levantamentos onde se determinam as espécies e os níveis de infestação.

Trabalhando na Jamaica e na Ilha de Santa Helena (África), Harris (1969) citou a ocorrência de alguns danos ocasionados pelos cupins subterrâneos pertencentes ao gênero *Heterotermes* em plantações de batata (*Solanum tuberosum*) e em plantas de vime (*Salix* sp.) causando o enfraquecimento dos ramos, e os danos causados em plantações de *Acacia longifolia*.

Também Bandeira (1981) relatou a ocorrência das espécies de cupins subterrâneos *H. tenuis* e *Coptotermes testaceus* como praga de mandioca (*Manihot*

esculenta) em Bajurú (Pará), observando danos em vários estágios da planta. Os cupins penetram pelas raízes tuberosas, causando o apodrecimento das mesmas. Posteriormente, os insetos se transferem para outras raízes ou se direcionam para o caule através da medula.

Com a implantação de seringais (*Hevea brasiliensis*) alguns insetos adquiriram “status” de praga de importância econômica. Isso ocorreu com os cupins, como verificaram Rodrigues et al. (1983) em trabalho realizado em Santarém (Pará) em uma área com 100 hectares desta cultura implantada com tocos enxertados, e que três meses após o plantio, 30 hectares estavam seriamente danificados por cupins subterrâneos.

Segundo Berti Filho (1995) a espécie *H. tenuis* além de se alimentar de árvores vivas de *Eucalyptus*, também se alimentam de tronco morto de coqueiro, troncos apodrecidos de mamoeiro, colmos de milho caídos no chão e partes mortas de videira. Em citros, a espécie *H. tenuis* danifica os porta enxertos das plantas com 3 a 5 anos de idade (Alves, 2000, comunicação pessoal).

Sabe-se que os danos provocados pelos cupins subterrâneos ocorrem em focos isolados, mas nada se conhece sobre a distribuição espacial das colônias no campo, principalmente para espécies importantes como as do gênero *Heterotermes*, *Cornitermes*, *Procornitermes*, *Syntermes* e *Neocapritermes* (Forti & Andrade, 1995).

Os principais fatores que levam os cupins a ocuparem determinados tipos de distribuição espacial são: alimento, tipo de solo, vegetação, clima (umidade e temperatura) e o tempo em que a área permaneceu sem alteração, pois os efeitos de desmatamento e isolamento são fatores importantes na ecologia dos cupins de florestas neotropicais. A maioria dos cupins da floresta primária é muito sensível a tais efeitos e não consegue sobreviver a mudanças no habitat. Assim, as espécies que se adaptam a estes efeitos podem, facilmente, se tornar pragas na silvicultura (Willians, 1934; Campos, 1997).

Segundo Harris (1984) os cupins presentes no solo se alimentam, principalmente, de matéria-orgânica em decomposição. Porém, podem atacar plantas vivas, devido aos desequilíbrios ecológicos.

2.1 Aspectos biológicos e comportamentais

Apesar de existirem muitos trabalhos sobre a biologia e hábitos comportamentais de outras espécies de cupins pouco tem sido feito, especificamente, com *H. tenuis*.

Sabe-se que os cupins desta espécie vivem em ninhos totalmente subterrâneos com um difuso sistema de galerias e túneis que saem de vários pontos da periferia dos ninhos, sendo utilizados como meio de comunicação e busca de alimentos.

As colônias são formadas por indivíduos especializados para cada tarefa, que são chamadas castas. As fêmeas férteis (rainhas) possuem capacidade reprodutiva que pode prolongar-se por anos, em *Mastotermes* sp. foi observada a ocorrência de reprodutores com mais de 17 anos (Watson & Gay, 1994). Os machos (reis) têm função de fertilizar as rainhas para manterem a fecundidade. Os soldados são providos de fortes mandíbulas e protegem os operários e a colônia em geral. Os operários são encarregados de diversas tarefas necessárias à sobrevivência da colônia. São notáveis pela capacidade de digerir materiais resistentes, devido aos protozoários e bactérias presentes no trato digestivo, podendo alimentar-se de madeira morta e tecidos vegetais vivos (Campos, 1997).

É possível formar colônias de cupins subterrâneos em laboratório, para serem observados e manuseados para estudos de biologia e controle (Adamson, 1941). As colônias podem ser iniciadas à partir de adultos alados, um casal, o que demanda maior tempo para a formação de todas as castas.

Para a manutenção dos cupins em laboratório deve-se levar em consideração o tipo de recipiente a ser utilizado, o substrato, o alimento e fatores climáticos como aeração, luminosidade, temperatura e principalmente umidade (Becker, 1969).

A alta umidade nos ninhos e galerias é um fator essencial para a sobrevivência dos cupins e alguns mecanismos são necessário para o controle desta umidade como o uso de material absorvente para a construção do ninho e a proteção ao excesso de água (Lee & Wood, 1971).

Os cupins apresentam também competições intraespecíficas, que geralmente resultam em resposta antagônica, e interespecífica, que sugere haver a hierarquia entre as espécies (Su & Scheffrahn, 1988a).

Com o objetivo de estudar a biologia de *H. tenuis*, Campos & Macedo (1998a) conseguiram a formação de colônias à partir de casais alados coletados em isca do tipo Termitrap[®], em área de cana-de-açúcar e mantendo-os em frascos plásticos transparente com tampa, em câmaras B.O.D. com 70% UR, 28°C ± 2°C e fotofase de 12 horas. Os autores observaram o aparecimento dos primeiros ovos à partir de 30 dias após a coleta do casal, as primeiras ninfas de operários aos 47 dias e as primeiras ninfas de soldados aos 106 dias. Na evolução das colônias, os índices de mortalidade foram maiores ao redor de um ano de manutenção das mesmas e o crescimento populacional observado foi lento, com baixa taxa de descendentes. Estas observações, de acordo com os autores, são um indicativo de que as colônias presentes em áreas agrícolas, cujas populações são capazes de causar dano econômico, têm anos de existência e encontram-se muito bem adaptadas às condições ecológicas da área. Sabendo-se que nas colônias deste inseto pode haver a substituição de reis e rainhas, áreas altamente infestadas podem ser resultantes da fragmentação dos ninhos adultos, por meio de práticas de preparo de solo. A formação de novas colônias a partir do vôo nupcial com instalação de novos casais, é praticamente menos importante que a fragmentação de ninhos.

Os cupins são diferentes de outros insetos sociais. Eles têm hábito de trocar alimentos elaborados entre os indivíduos da colônia ou com seus simbiossiontes, um comportamento conhecido como trofalaxia. Este termo evoluiu do termo Oectrophobiosis, pois não há apenas a troca de alimentos e simbiossiontes, envolve também estímulos táteis e químicos. Iwata et al. (1992) observaram que em *Reticulitermes speratus* a trofalaxia estomodéica foi mais freqüente entre operários, operários e rainhas jovens, operários e ninfas jovens (que não se locomovem) e adultos. A trofalaxia proctodéica foi observada entre operários, de ninfas velhas (que se locomovem) para operários e de rainhas jovens para operários. Os operários também consomem indivíduos doentes e feridos, podendo ainda armazenar cupins mortos, provavelmente para posterior alimentação.

A alimentação é um fator importante na colônia, pois na falta desta pode ser alterada a composição das castas como, por exemplo, a diminuição do número de soldados e operários (Campos, 1997).

Estudos feitos sobre a proporção de soldados, em laboratório, por Su & La Fage (1986) verificaram que o efeito da falta de alimento, interfere na sobrevivência e manutenção de *Coptotermes formosanus*, pertencentes à mesma família de *H. tenuis*. Neste teste os insetos foram separados em três grupos de cupins com e sem alimento. Os soldados mantidos com e sem alimento morreram após 10 dias, comprovando que eles não podem se alimentar sozinhos. A taxa de mortalidade de soldados em grupos com operários sem alimento foi alta. A mortalidade dos operários foi menor neste tratamento devido às reservas de celulose que possuem. A mortalidade dos operários começou a acelerar após 10 dias, quando a população de soldados diminuiu, ocorrendo canibalismo entre os operários.

2.2 Área de forrageamento

Os estudos realizados para a determinação da área de forrageamento e determinação da população de colônias de cupins subterrâneos são baseados na técnica de marcação e recaptura, com diferentes produtos utilizando-se iscas atrativas para a recaptura.

Tsunoda et al. (1999) estudaram a população e a área de forrageamento de *R. speratus* utilizando a técnica de marcação e recaptura, por ser um método não destrutivo e por possibilitar o uso destas mesmas colônias em ensaios posteriores.

Spragg & Fox (1974) utilizaram iscas atrativas contendo raios γ emitidos por ^{46}Sc (Scandium) para a determinação da estrutura dos ninhos de *Mastotermes darwiniensis*. A isca foi consumida pelos insetos e através da trofalaxia houve a transferência do ^{46}Sc para os membros da colônia. O ^{46}Sc foi excretado e fixou-se às paredes das galerias e pôde ser encontrado utilizando um detector de raios γ .

Almeida et al. (1999), para estimar a área de forrageamento de *H. tenuis*, utilizaram iscas marcadas com o radioisótopo ^{32}P e concluíram que esta área pode variar

de 3 a 1250m² e que pode existir a presença de mais de uma colônia numa mesma área de forrageamento. Os autores estimaram ainda que a área média de forrageamento pode ser de 315m².

A superfície de forrageamento de cupins subterrâneos foi determinada por Haverty et al. (1976), com iscas feitas com rolos de papel higiênico dispostas no espaçamento de 1m. Essas iscas foram trocadas semanalmente, e com a técnica de quadrante, que avalia toda a superfície de 50m² quanto aos alimentos disponíveis. Segundo os autores, a técnica empregada subestima a população de cupins.

Van der Linde et al. (1989) determinaram a área de forrageamento de *Hodotermes mossambicus* com a marcação de insetos com iodo radioativo que foi fornecido aos cupins juntamente com o alimento, em duas áreas de forrageamento de grande atividade. Foram colocadas iscas, eqüidistantes entre si 10m, para a recaptura de insetos marcados que tinham sua radioatividade medida em um gama-espectômetro. Esse processo foi repetido a cada semana durante 57 dias. As áreas de forrageamento das colônias variaram entre 0,5 e 3,1ha mas essas áreas não eram, necessariamente, território exclusivo de uma única colônia.

Grace et al. (1989) conduziram um estudo de marcação e recaptura com *R. flavipes*, em duas localidades de Toronto (Canadá), e encontraram galerias que se estendiam por 79m, permitindo o forrageamento em áreas de 266 e 1091m². As populações foram estimadas em 2,1 e 3,2 milhões de indivíduos por colônia. Estes números de indivíduos e área de forrageamento foram maiores que os registrados para essa espécie em outras regiões. O monitoramento foi realizado com estacas de madeira e a coloração dos insetos foi feita com papel de filtro impregnado com o corante Fat Red 7B. A população foi estimada pelo método 'Lincoln', o qual assume que a proporção de indivíduos marcados recuperados é equivalente à proporção de insetos marcados liberados na população geral.

Thorne et al. (1996) utilizaram a técnica de marcação e recaptura em experimentos de campo e laboratório para a determinação da persistência da marcação, com o corante Nile Blue A, efeito da marcação nos sobreviventes e a mistura de insetos marcados e não marcados dentro do intervalo entre a soltura e a recaptura nos cupins

subterrâneos *Reticulitermes flavipes* e *Reticulitermes virginicus*. A partir destes estudos concluíram que a validade dos resultados de experimentos utilizando a técnica de marcação e recaptura com o propósito de saber o número de indivíduos da colônia pode ser comprometida por fatores biológicos inerentes aos cupins subterrâneos.

Jones (1990) utilizando a técnica da marcação e recaptura determinou o território de forrageamento de *H. aureus*, colocando 25 rolos de papel, que serviram como isca, distanciados 1,5m cada, equivalente, portanto, 2,25m². A área espacial do território de forrageamento foi calculada somando o número de iscas infestadas e multiplicando-as por 2,25m². Assim, a área de forrageamento para esta espécie foi de apenas 13,9m².

2.3 Amostragens e estatísticas aplicadas no monitoramento de população

Segundo Silveira Neto et al. (1976) e Southwood (1995), não existe um método de amostragem universal para avaliar insetos. O método deve fundamentar-se em princípios básicos da estatística e no conhecimento da distribuição, ciclo de vida e do comportamento do inseto. Também é muito importante a realização de amostragem preliminar. Não se deve esquecer a questão econômica, pois, por mais eficiente que seja, nenhum plano de amostragem ou mesmo de controle terá aceitação se não for economicamente viável.

De acordo com Silveira Neto (1990) o monitoramento de pragas depende de quatro componentes básicos: pessoal, que se refere ao conhecimento que a pessoa deve ter para efetuar o monitoramento; mecânico, que refere aos aparelhos utilizados; estatístico, relaciona-se à precisão a ser adotada e por fim o econômico, que envolve o custo desta amostragem e a vantagem ou não de sua realização. Deve ser realizado visando avaliar o nível populacional da praga e de seus inimigos naturais, podendo-se medir a população absoluta, a população relativa e índices populacionais, sendo os dois últimos os mais utilizados. A população relativa se refere ao número de insetos por levantamento e depende de fatores como a distribuição espacial, a dispersão dos insetos, ao número de indivíduos em diferentes fases e às armadilhas. Para saber o tipo de

distribuição pode-se utilizar o índice de dispersão de Morisita, que independe do tipo de distribuição, do número de amostras e do tamanho da média.

Os fatores mais importantes que podem interferir no planejamento da amostragem são a variação populacional no tempo, a disposição espacial dos indivíduos e a própria variação entre avaliadores (Southwood, 1995).

A disposição espacial tem particular importância, pois, dependendo da disposição do inseto no espaço, a mesma pode ser uniforme, ao acaso ou agregada. Métodos diferenciados de amostragem são necessários, fazendo variar o número, o tamanho da unidade amostral e a alocação das amostras na área (Bianco, 1995).

Índices de agregação ou de dispersão são utilizados para medir a disposição espacial. O mais comum é a relação entre a variância e a média, expressa pela equação: $x^2 = (n-1)s^2/m$, onde tem-se o valor 1 para disposição ao acaso, com o ajuste para Poisson obtido usando o teste qui-quadrado com $n-1$ graus de liberdade (Elliot², citado por Bianco, 1995).

Diversos modelos matemáticos descrevem a distribuição espacial de insetos como a distribuição de Poisson, que é um modelo de distribuição aleatória, onde a variância e a média são iguais e a distribuição dos indivíduos não é influenciada por outros indivíduos. Porém, muitos pesquisadores mostram que dados de contagem, principalmente de fauna e flora, por unidade de área ou de tempo, tendem a apresentar variância maior que a esperada pela distribuição de Poisson e, essa sobredispersão pode, em muitos casos, ser descritas por uma distribuição binomial negativa (Castilho, 1998).

Southwood (1995) citou o índice desenvolvido por Taylor, que é muito utilizado, e é expresso por valor de b (coeficiente de regressão), obtido da relação $s^2 = am^b$ (lei da potência de Taylor). É considerado um índice de dispersão característico da espécie e assume valor 1 (ou não diferente estatisticamente de 1 pelo teste “t”) quando a disposição do inseto é ao acaso.

² ELLIOT, J.M. Some methods for statistical analysis of sample of benthic invertebrates. Ambleside, Freshwater Biological Association, 1979. 157p. (Scientific Publication, 25).

Os objetivos da amostragem devem ser definidos para determinar adequadamente o tamanho da unidade da amostra. Se o objetivo for para decidir pelo controle ou não da praga, muitas vezes será preciso prescindir do tamanho ideal e optar pelo tamanho economicamente viável, o que significa eleger o tamanho de menor custo, apesar da menor eficiência (Southwood, 1995).

O tamanho adequado da unidade amostral é obtido utilizando alguns índices de agregação, sendo que o mais simples é a razão entre a variância e a média (s^2/m), cuja metodologia de determinação técnica e teoricamente mais aceitável foi proposta por Iwao³ segundo Southwood (1995).

Da estatística básica sabe-se que o maior número de amostras ou de repetições e o aumento do tamanho da parcela geram maior precisão. A quantidade de amostras depende, principalmente, do nível de precisão desejado, definido em função dos objetivos da amostragem e calculada com base na variância (s^2) e na média (m), obtidas à partir de amostragem prévia (Silveira Neto, 1990).

Para distribuir a amostra no espaço existem diversas maneiras, mas duas são as mais utilizadas: ao acaso e sistemática ou sistematizada (Silveira Neto, 1990).

A distribuição verdadeiramente ao acaso exige sorteio dos pontos amostrados e a alocação desses pontos no campo, geralmente é difícil e trabalhosa. No entanto, é muito comum que as amostras sejam tomadas ao acaso mas sem haver prévio sorteio dos pontos amostrais, onde a aleatorização depende exclusivamente do amostrador, o que pode levar a problemas de amostras "viciadas" (Bianco, 1995).

Na amostragem sistemática a identificação das amostras no campo é bastante facilitada quando comparada à amostragem estritamente ao acaso. A padronização, muitas vezes, é a única maneira de viabilizar a amostragem e evitar que o avaliador concentre as amostras em determinados pontos da área (Southwood, 1995).

³ IWAQ, S. Application of the m-m method to the analysis of spatial patterns by changing the quadrat size. **Res. Popul. Ecol.**, v.14, p.97-128.

Howard et al. (1982) estudaram a distribuição e estimaram o tamanho das colônias de *Reticulitermes* spp. em mata naturalmente regenerada. Foram examinadas toras, quanto a presença ou ausência de cupins, por espécie. Para estimar o número mínimo de cupins de uma colônia de *Reticulitermes flavipes* os autores utilizaram quatro áreas com 10m de largura e 100m de comprimento aonde foram identificados e anotados os troncos contendo colônias de cupins (identificadas pela grande quantidade de ninfas e indivíduos alados). Seis colônias foram selecionadas para o estudo. Foram feitas coletas com iscas de papelão e contagem dos insetos até que o número de cupins capturados fosse menor que 500. Obtiveram que a densidade populacional de *R. flavipes* e *R. virginicus* foi de $4,42 \pm 0,43$ e $2,38 \pm 0,29$ insetos/ha, respectivamente. A distância mínima entre colônias vizinhas de *R. flavipes* foi de $22,48 \pm 3,09$ m, para *R. virginicus* $26,19 \pm 6,51$ m e para *Reticulitermes* spp. $16,73 \pm 1,05$ m. O coeficiente de dispersão foi de 0,19. O número de indivíduos de uma colônia adulta de *R. flavipes* foi de 244.445 ± 53.156 cupins.

Jones et al. (1987) desenvolveram um modelo estatístico para analisar o efeito da distância entre as colônias e os diferentes alimentos no comportamento de forrageamento dos cupins. Para isso, os autores utilizaram 30 áreas, cada uma dividida em quadrantes de 6x6m com 25 rolos de papel servindo como isca. As áreas foram selecionadas com base na presença de *Heterotermes aureus* em madeira em decomposição e separadas pelo menos 12m uma da outra. As iscas foram dispostas em cinco fileiras e cinco colunas, distantes 1,5m cada uma. Concluíram que o forrageamento foi mais intenso nos locais em que tinha maior cobertura vegetal.

Chambers et al. (1988) estudaram a distribuição espacial de *Coptotermes formosanus* na Carolina do Sul (EUA), baseados em levantamentos realizados em árvores e relatos de ocorrência da praga por empresas de controle, e identificaram 17 espécies de árvores sendo atacadas pelo cupim.

Dibog et al. (1998) realizaram um trabalho de monitoramento e identificação de colônias de cupins subterrâneos em floresta tropical, na Reserva Florestal de Camarões - África. As amostragens foram mensais, durante 14 meses, com a captura de cupins, soldados, operários e formas imaturas (como larvas em desenvolvimento e

ninfas) através da abertura de buracos no solo e imediata coleta e preservação dos insetos em tubos de vidro contendo álcool 80%. Posteriormente, esses cupins capturados foram identificados por especialistas. Os autores observaram maior abundância de espécies durante o período seco.

Haasgma & Rust (1995) estudaram tamanho de colônia, atividade e fenologia de forrageamento para *Reticulitermes hesperus* em área urbana e área nativa, no Estado da Califórnia - EUA. Obtiveram que a maior atividade de forrageamento foi entre maio e outubro na área urbana, e entre novembro e janeiro na área nativa. A população de insetos que forrageava foi maior na área urbana, com estimativa de 85.752 à 830.581 indivíduos, enquanto que na área nativa foi de 78.930 à 103.758 indivíduos. Os insetos foram coletados com iscas feitas com papelão ondulado e para estimar a população utilizou-se a técnica de marcação e recaptura, onde os insetos foram coloridos com o corante Nile Blue A e Neutral Red, nas concentrações de 0,05% e 0,25%, respectivamente.

Crist (1998) estudou a distribuição espacial de *Reticulitermes tiabilis* em pastagens, no Nordeste de Colorado (EUA), utilizando a geoestatística para determinar a probabilidade de ocorrência destes cupins e para identificar a extensão da distribuição e o potencial de ninhos dos cupins. Foi utilizada uma área com 900m ao longo da pastagem onde, a cada 10m, foi instalada uma isca, feita com um rolo de papel higiênico, que foi coberta com placa plástica de 10cm de diâmetro. As iscas contendo cupins foram retiradas três vezes durante o verão, trocadas por novas e os insetos foram contados em laboratório. A semivariância foi primeiramente calculada para determinar a dependência espacial na ocorrência dos cupins, quando o "kriging" foi utilizado para estimar a probabilidade da ocorrência destes insetos ao longo da área. A análise geoestatística foi conduzida utilizando como indicador apenas a presença ou ausência dos cupins. Foi concluído que a geoestatística pode ser usada para descrever a distribuição padrão, em amostragens de insetos de solo, com iscas atrativas, ao longo das áreas.

2.4 Métodos de Controle

2.4.1 Químico

Para Su et al. (1982) existem, basicamente, duas estratégias de controle de cupins subterrâneos, em áreas urbanas: preventivo, com tratamento de solo, e curativo, controlando as infestações através da aplicação de produtos com ação inseticida diretamente no local afetado. Essas duas estratégias necessitam de produtos com características opostas. Para o tratamento preventivo é necessário um material com longo poder residual ou que mate rapidamente. Entretanto, para o tratamento curativo os produtos não podem ser repelentes e têm que ter ação lenta, para poderem ser transportados, dentro ou fora do corpo do cupim, através das galerias. Os cupins afetados devem estar suficientemente saudáveis para deixar a área tratada e possibilitar que outros operários atinjam o local e também se contaminem.

O método consagrado de controle de cupins subterrâneos em áreas de cana-de-açúcar no Brasil tem sido o preventivo, baseado no conceito de barreira química, empregado na implantação da lavoura. Porém, devido ao alto custo dos produtos utilizados, atualmente faz-se o monitoramento das áreas e aplica-se o inseticida no sulco de plantio, apenas nos locais onde tenha efetivamente cupins.

Não há atualmente um sistema de monitoramento padrão adotado pelas Usinas, devido à falta de trabalhos publicados com embasamento científico que possa ser tomado como referencial, porém, de forma geral, para as áreas nas quais a cultura já está instalada, o sistema utilizado é o de arranquio de soqueiras, após o último corte, antecedendo a destruição das mesmas para a renovação do canavial. Abre-se uma trincheira de 40x40x40cm sob a soqueira, onde os cupins são identificados e contabilizados através de nota atribuída a população presente. Nas áreas de implantação da cultura, os produtores costumam colocar iscas atrativas, antes da instalação da lavoura, constituídas de toletes de cana, os quais são plantados a pequena profundidade,

onde permanecem por no mínimo 30 dias, seguida de uma avaliação, para definir índice de infestação, espécies presentes, com ou sem nota para população.

Almeida & Alves (1995), com a finalidade de obter uma armadilha eficaz na atração do cupim subterrâneo *H. tenuis*, ofereceram em laboratório e campo diversos tipos de alimentos como: papelão corrugado; papel sulfite; papel jornal; papel higiênico; colmo de milho e colmo de cana. Os alimentos preferidos no laboratório foram o papelão corrugado e colmo de milho e no campo somente o papelão corrugado, com o qual é feita a isca Termitrap[®]. Essa isca foi desenvolvida no Setor de Entomologia do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da ESALQ-USP, e pode atrair cerca de 15.000 insetos (operários e soldados) por isca, por um período de duas a três semanas.

A isca Termitrap[®], embora eficiente no monitoramento para determinação da necessidade de controle, não têm sido empregada, provavelmente por falta de divulgação e ou por dificuldade de obtenção do papelão adequado (Macedo, 2000; comunicação pessoal).

Quanto ao número de amostras a ser tomada, em ambos os casos, há uma tendência em se adotar um número máximo de duas amostras por hectare. Embora se reconheça a baixa representatividade desta amostragem ela é adotada basicamente pela limitação operacional, especialmente o elevado custo de se aumentar este número. Em relação ao nível de controle, com base em observações empíricas e ganhos de produtividade obtidos em experimentos de controle químico, tem sido recomendado o controle para infestações superiores a 25% das iscas, em locais onde é observada a presença de *H. tenuis* e superiores a 50% das iscas para outros gêneros e ou espécies. Verificada a necessidade de controle os produtos químicos são aplicados no sulco de plantio, basicamente como barreira química. Os produtos químicos utilizados são: endosulfan (Thiodan 350 CE), 1.750 a 2.100g i.a/ha e o fipronil (Regent 800WG), 160 a 200 g de i.a/ha.

Harris (1984) constatou que para o controle satisfatório de cupins na cana-de-açúcar, seria melhor utilizar inseticidas clorados, mas devido à sua alta capacidade residual, são proibidos para tais atividades.

Segundo Macedo (1995) o emprego de inseticidas no controle de cupins nos canaviais brasileiros pode ser dividido em dois períodos distintos: "Era dos Organoclorados", especialmente Aldrin e Heptacloro, empregados até 1985 e "Era Pós-organoclorados", a partir da proibição da fabricação, comercialização e utilização dos referidos produtos, devido aos danos causados ao meio ambiente por causa de sua lenta degradação, associada à capacidade de entrar na cadeia alimentar dos seres vivos, ocasionando assim uma série de problemas. A proibição do emprego dos organoclorados resultou no encarecimento do controle dos cupins, por não haver, na ocasião, produto substituto à altura. Por outro lado, estimulou o desenvolvimento da pesquisa na busca de novos produtos e métodos de controle alternativos.

O controle econômico dos cupins da cana-de-açúcar, depende das condições locais, do custo da mão-de-obra, das máquinas e do custo dos inseticidas. As misturas de fertilizantes e inseticidas são utilizadas para minimizar os custos, devido à redução de uma operação.

O método químico convencional, para o controle de cupins subterrâneo não é adaptado para explorar o comportamento social deste inseto. Novas estratégias de controle devem ser aplicadas, tais como: barreiras e mortalidade retardada. Entre as barreiras, existem as químicas e as físicas. A mortalidade retardada utiliza a ingestão voluntária de agentes químicos tóxicos ou microbianos e sua posterior transmissão por trofalático entre os indivíduos, sendo que a quantidade de tóxico transmitida é muito pequena, de maneira que toda a colônia seja contaminada sem que esta tenha condições de reagir (Myles, 1992).

Su & Scheffrahn (1991) discutiram o uso da técnica de "slow-acting" (ação lenta) de inseticidas ou reguladores de crescimento em armadilhas. Esses autores relataram que essa técnica possui duas fases: 1) fase de laboratório: a- toxicidade e tempo letal (DL_{50} e TLD_{95}) com a aplicação tópica e repelência (não-preferência); b- escolha da armadilha, aceitação da armadilha, repelência, deterrência e preferência, bem como eficácia do agente tóxico na armadilha; c- avaliação da mortalidade; 2) fase de campo: a- população de forrageamento, programa de marcação, território, população e atividade de forrageamento; b- aplicação da armadilha (seleção); c- avaliação com população

marcada e consumo de madeira. Essas informações são necessárias para uma boa aplicação da técnica.

O uso de armadilhas impregnadas com Mirex foi estudado por Ostaff & Gray (1975) para o controle do cupim *Reticulitermes flavipes* em Toronto (Canadá), pois segundo algumas estimativas os danos e os custos para o controle de cupins chegavam a US\$ 250.000/ano. Segundo os autores, o uso de armadilhas tóxicas é muito mais barato, simples de aplicar e reduz o impacto ambiental em relação ao método convencional. Os resultados indicaram que houve uma diminuição da população durante o terceiro ano de avaliação. Também mostraram que a atividade dos cupins foi estimulada durante o segundo ano.

A utilização de armadilhas impregnadas com Mirex, avaliadas por Patton & Miller (1980), em condições de laboratório, mostrou que a concentração de 0,07%, após 9 dias, causou 90% de mortalidade para *Mastotermes darwiniensis*. A dose letal foi estimada em 9µg/g de peso. Em florestas de *Pinus caribaea* infestadas com *M. darwiniensis*, utilizaram o Lantanium 140 em armadilhas para diferenciar colônias. Verificaram que a população do cupim diminuiu, usando um mínimo de inseticida e exposição a um pequeno número de armadilhas para cada colônia.

Su & Scheffrahn (1988b) estudaram a toxicidade de Dihaloalkil Arylsulfone Biocide (A-9248) para *Coptotermes formosanus* e obtiveram a DL₅₀ estimada em 141,7 µg/g, e o tempo letal para matar 90% dos cupins de 8,4 à 18,9 dias quando administrado via tópica; 21 à 26 dias após 24h com alimentação forçada e 19 à 22 dias quando os cupins foram confinados continuamente em substrato tratado. O produto via tópica foi administrado com um microaplicador introduzindo a solução no abdômen do inseto.

O efeito da sulfluramida em diferentes concentrações sub-letais para a aplicação em iscas atrativas foi estudado por Miller (1991), visando o controle de *M. darwiniensis*. As concentrações de sulfluramida foram aplicadas por impregnação com acetona em serragem de *Eucalyptus regnans*. Em um segundo teste, além da serragem impregnada, foi oferecido papel de filtro sem sulfluramida, para estudo de repelência. Em seguida, estudou a trofalaxia e conseqüente transferência da sulfluramida entre uma população contaminada e outra não-contaminada. O autor determinou o Tempo Letal 15,

50 e 90 de todas as concentrações testadas. No teste de toxicidade oral, verificou que o tempo letal aumentou com a diminuição da concentração aplicada. No teste de repelência, foi verificado que a sulfluramida não foi repelente em nenhuma das concentrações utilizadas. No experimento de transferência foi observado que nas concentrações menores a transferência foi melhor elaborada, iniciando com 12 horas até 72 horas.

Os inibidores de síntese de quitina, hexaflumuron e diflubenzuron, foram testados em iscas tóxicas para *C. formosanus* e *R. flavipes*. Após três semanas de exposição ao hexaflumuron foram observados sintomas de inibição da ecdise em operários das duas espécies de cupins e as concentrações que causaram mortalidade maior que 90% foram 15,6ppm e 2ppm para *C. formosanus* e *R. flavipes*, respectivamente. A maior mortalidade apresentada pelo diflubenzuron foi de 50% para *C. formosanus*. Este estudo mostrou que o hexaflumuron apresenta melhor eficiência de controle de cupins subterrâneos que o diflubenzuron (Su & Scheffrahn, 1993).

Segundo Su et al. (1994) para o uso da técnica do “slow-acting” em armadilhas para o controle de cupins subterrâneos, é necessário estimar a dose sub-letal para cada espécie e inseticida. Com isso, os autores testaram sulfluramida, declorene, hydransentilon e ácido bórico sobre cupins *C. formosanus* e *R. flavipes*. A sulfluramida foi mais tóxica para *C. formosanus* ($DL_{50} = 4,31 \mu\text{g/g}$) e declorene foi mais tóxico para *R. flavipes* ($DL_{50} = 4,18 \mu\text{g/g}$).

Macedo & Botelho (1995, não publicado) em trabalho de revisão sobre controle de cupins subterrâneos em cana-de-açúcar citaram experimentos realizados durante 1984 e 1994 onde foram testados diferentes princípios ativos e a influência da associação de leguminosas no controle de cupins subterrâneos, utilizando como estratégia principalmente a barreira química. Os produtos testados nos diferentes experimentos, ao longo dos anos foram o Carbofuran, Decis, Lindane, Mocap, Furadan, Heptacloro, Thiodan, Terbufós, Carbosulfan, Aldrin, Endrin, Broot, Lorsban, Pounce, Chlorpirifós, Dursban, Garvox, Phorate, Parathion ethyl, Fenthion, Triazophos, Cartap, Benfuracarb, Ethoprophos, Endosulfan, Volaton, Oftanol, os produtos Aldrex e Thiodan que foram testados associados à torta de filtro e leguminosas associadas ao Heptacloro

em diferentes formulações e dosagens. Os resultados promissores foram em relação ao Heptacloro, Thiodan, Endosulfan e Aldrin com incremento na produtividade e diminuição no índice populacional de cupins, e a associação de *Crotalaria juncea* com Heptacloro promoveu redução na população de cupins e aumento na produtividade.

Uma nova geração de produtos químicos como os reguladores de crescimento vêm sendo testados para o controle de cupins subterrâneos, apresentando bons resultados, pois causam uma variedade de efeitos maléficos aos cupins. Muitos desses produtos induzem o desenvolvimento de pré-soldados e soldados, causando anomalias morfológicas (intercastas), inibindo a alimentação e exercendo vários níveis de intensidade e toxicidade lenta. Porém, essa resposta aos reguladores de crescimento não é uniforme, sendo que algumas espécies são menos susceptíveis que outras (Jones & Lenz, 1996).

Su et al. (1985) testaram o efeito de três reguladores de crescimento, em três substratos diferentes, para a espécie *C. formosanus* e concluíram que o substrato afeta o resultado, sendo que os tratamentos que continham maior quantidade de α -celulose não induziram a formação de pré-soldados nessa espécie de cupim.

Segundo Martius (1998) vários estudos de laboratório e de campo concluíram que os reguladores de crescimento são efetivos para o controle de cupins em colônias em que exista baixa proporção natural de soldados.

2.4.2 Controle Biológico

O controle biológico implica no uso de inimigos naturais nativos ou introduzidos para o controle de insetos praga. Existem fatores que favorecem a aplicação de patógenos em insetos sociais. Normalmente, eles vivem em contato íntimo, e esse hábito, junto com a trofalaxia, permitem a proliferação do agente na colônia auxiliado pelo ambiente interno dos ninhos que favorece o crescimento de entomopatógenos (Martius, 1998).

O controle biológico por predadores é possível através de formigas termitófagas, necessitando estudos mais detalhados destas espécies. As formigas são

predadoras que atuam em ninhos fracos parcialmente colonizadas por fungos. Isso ocorre em *Cornitermes cumulans* quando os fungos *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* são aplicados (Alves et al., 1995). O uso de inseticidas naturais, obtidos a partir de extratos vegetais, podem ser efetivos em alguns casos, mas como não estão sujeitos aos testes rigorosos de segurança ambiental como os inseticidas comerciais, podem ser sancionados incondicionalmente. Como alternativa, surge o uso de patógenos, principalmente os fungos, bactérias e nematóides (Almeida, 1994).

A ação dos fungos entomopatogênicos nos insetos passa por diversas fases: fixação do conídio na cutícula; germinação; penetração; crescimento na hemocele; produção de toxinas; morte do hospedeiro; invasão de todos os órgãos do hospedeiro; crescimento externo do fungo; produção de unidades infectivas e dispersão das mesmas. A morte do inseto, ocorre 4 a 5 dias após a inoculação com fungo, devido à produção de micotoxinas, mudanças patológicas na hemocele, ação histolítica, bloqueio mecânico do aparelho digestivo devido ao crescimento vegetativo e a outros danos físicos decorrentes do crescimento do micélio. A ação desses fungos em cupins, de maneira geral é semelhante aos demais insetos, havendo pequenas diferenças devido ao comportamento e morfologia desses insetos (Alves, 1998).

Os efeitos do entomopatógeno *M. anisopliae* associado ao inseticida imidacloprid sobre *R. flavipes* foi testado por Ramakrishnan et al. (1999) em experimento conduzido com solos esterilizado e não esterilizado. Em solos não esterilizados a exposição contínua dos cupins apenas ao fungo *M. anisopliae* resultou em baixa mortalidade, menor que 1%. Porém, essa exposição contínua, em solos esterilizados resultou em mortalidade de 100% após 21 dias. Nos tratamentos com *M. anisopliae* associado ao inseticida imidacloprid em solos não esterilizados a mortalidade foi grande, atingindo 100% nas maiores concentrações do fungo associado ao inseticida após 10 dias. Os resultados demonstraram que essa associação causou aos cupins mortalidade mais rápida do que nos tratamentos isolados.

Milner et al. (1998) fizeram a seleção de 93 isolados de *M. anisopliae*, provenientes principalmente de cupins, para *Nasutitermes exitiosus* e *Coptotermes frenchi* ou *Coptotermes acinaciformis*, utilizando o comportamento de limpeza destes

insetos ("grooming"). Dos isolados testados 23 mostraram-se promissores tanto para *N. exitiosus* quanto para *C. acinaciformis*. Porém, todos os isolados foram mais patogênicos para *Coptotermes* spp. Os autores selecionaram nove isolados para testar a patogenicidade para os gêneros de cupins, sendo o registrado como FI-610, obtido à partir do ninho de *Coptotermes lacteus*, um dos mais efetivos para os gêneros testados. Esse isolado se desenvolveu bem em Sabouraud Dextrose Agar à 36°C e foi selecionado para testes posteriores em campo.

Segundo Martius (1998) o controle biológico e o manejo integrado de pragas são uma realidade para diversas pragas, mas para cupins, apesar de resultados promissores, existem poucas técnicas aplicáveis. Porém, por motivos econômicos e a proibição de alguns inseticidas químicos estão desencadeando estudos sobre as espécies mais importantes.

2.4.3 Iscas atrativas

Segundo Delaplane⁴, citado por Costa-Leonardo (1996), a metodologia de isca envolve alguns conceitos fundamentais como, devem ser bastante atraentes, o ingrediente ativo não deve ser repelente aos insetos, precisa ter ação lenta, para permitir a transmissão dos operários para outros indivíduos da colônia, não deve ser criada nenhuma barreira química e deve ter como objetivo a morte de toda a colônia, e não apenas a sua expulsão da área tratada.

O sucesso do uso inseticida em iscas dependerá da sua palatabilidade aos cupins, bem como de sua transferência entre os indivíduos em forma ativa (Logan & Aboot, 1990).

Este método utilizando inseticidas de ação lenta vêm sendo estudado a algum tempo, com diferentes produtos. Esenther & Beal (1974) testaram a eficiência de armadilhas de madeira impregnadas com mirex (32mg) mais atraente, numa área

⁴ DELAPLANE, K., 1990 Termite behaviour and toxic bait control. **Pest management**, p.19-21.

infestada com *Reticulitermes* spp.. Observaram que houve efeito tóxico que suprimiu as colônias naturais do cupim e citam o método de controle com armadilhas como sendo eficiente, pois com baixa concentração de inseticida a colônia pode ser eliminada.

Toxinas de ação lenta em iscas, as quais são consumidas por operários que forrageiam e disseminam o produto aos outros membros da colônia por trofalaxia, conseguem atingir a eliminação total ou de parte da colônia. Inseticidas de ação rápida, por outro lado, matam os indivíduos antes que as toxinas possam ser transmitidas aos outros membros da colônia.

Logan & Aboot (1990) estudaram em laboratório a toxicidade e transferência entre indivíduos de hidramethilnon em iscas atrativas para *Reticulitermes santonensis* e *Microtermes lepidus* e observaram que concentrações maiores que 0,5% inibiram a alimentação e a 4% não houve consumo da isca. A mortalidade de ninfas foi significativa (80% em 14 dias) somente quando elas foram misturadas aos operários que haviam sido expostos ao produto na concentração 0,25% por dois dias. A transferência de alimento em experimentos incluindo toda a colônias mostrou que para *R. santonensis*, ninfas e os indivíduos reprodutivos são menos susceptíveis ao hidramethilnon que os operários.

Tsunoda et al. (1998) testaram iscas comerciais, com ingrediente ativo sendo o hexaflumuron, para eliminação de colônias de *R. speratus* em campo. Os autores utilizaram a técnica de marcação e recaptura para o monitoramento das colônias e concluíram que a ingestão de 33mg de hexaflumuron durante dez meses foi suficiente para a erradicação de colônias dessa espécie.

Zeck & Monke⁵, citados por Almeida et al. (1998) estudaram o efeito sinérgico do inseticida imidacloprid com fungos *M. anisopliae*, *Paecilomyces farinosus*, *Conidiobolus coronatus*, *B. bassiana* e *Actinomocur* sp. em duas espécies de cupins, *Reticulitermes flavipes* e *Coptotermes formosanus*, verificando que o solo tratado com 1ppm de imidacloprid mais *M. anisopliae* ou *B. bassiana*, causou maior mortalidade que somente o imidacloprid na mesma concentração.

⁵ ZECK, W.M.; MONKE, B.J. Não publicado.

Almeida & Alves (1996) avaliaram a eficácia, em laboratório, de iscas contendo *B. bassiana* e o inseticida imidacloprid sobre o cupim subterrâneo *H. tenuis*. Os bioensaios consistiram na determinação da concentração do inseticida não repelente para *H. tenuis* e posteriormente avaliou-se o efeito sinérgico do imidacloprid com o fungo *B. bassiana*. Os autores verificaram que os tratamentos com o fungo mais inseticida e somente fungo causaram mortalidades maiores que o tratamento com o inseticida isoladamente, observando-se assim, um pequeno efeito sinérgico quando se utilizou micélio seco mais o imidacloprid.

Almeida et al. (1998) avaliaram o controle de *H. tenuis* utilizando-se iscas Termitrap[®] impregnadas com inseticidas em baixas concentrações e associadas ou não ao fungo *B. bassiana*. O experimento foi conduzido em área de cana-de-açúcar, com alta infestação de cupins, localizada no município de Rio Claro-SP. As iscas foram impregnadas com os inseticidas por imersão em água, com as concentrações sendo calculadas de acordo com o peso da isca. O fungo *B. bassiana* foi aplicado em conídios puros nas iscas. Os tratamentos com os inseticidas, imidacloprid e WG associados ao fungo *B. bassiana* foram os mais eficientes no controle dessa espécie de cupim subterrâneo. Os insetos visitaram e se alimentaram das iscas normalmente, demonstrando não haver repelência dos tratamentos. Porém, em trabalhos posteriores, os autores verificaram repelência para os produtos impregnados na isca. Portanto, esses resultados precisam ser confirmados em trabalhos futuros.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de forrageamento das colônias de *Heterotermes tenuis* em cana-de-açúcar

A pesquisa foi realizada na Fazenda São José, localizada no município de Rio Claro – SP, em área de cana-de-açúcar no terceiro corte, da variedade RB-806043, empregando-se isca Termitrap[®]. No dia 07/11/1997 foram colocadas 400 iscas com espaçamento de 5m x 5m, abrangendo uma área de 10.000m² (Figura 1). As iscas foram enterradas verticalmente ao solo, sendo que uma das extremidades permaneceu tangenciando a superfície. Decorridos 15 dias as mesmas foram vistoriadas para a identificação e quantificação dos possíveis focos do inseto.

Em seguida, foram escolhidos três focos com alta atividade, estimada pela grande quantidade de cupins presentes nas iscas e determinada pelo seguinte critério de notas: 0= ausência de cupins; 1= até 10 cupins; 2= de 11 a 100 cupins; 3= mais de 100 cupins, distanciados no mínimo em 30 metros. Focos muito ativos, assim distanciados, foram considerados centros de colônias diferentes, podendo ser utilizados para estudos ecológicos de *H. tenuis* (Figura 2).

Assim, primeiramente, localizou-se um ponto (A), supostamente o centro da colônia, que foi estabelecido como o centro geométrico do conjunto de iscas (B) tidos como um foco da praga (Figura 3).

O estudo de abrangência da área de forrageamento iniciou-se a partir deste ponto, com a marcação de insetos por meio de alimentação. Foi colocada uma isca branca, sem qualquer tratamento, no ponto considerado e após uma semana a mesma foi retirada e levada ao laboratório, deixando-se outra isca no mesmo local. No laboratório

Figura 1. Esquema da área de cana-de-açúcar, sobre a qual foram realizadas as pesquisas com *Heterotermes tenuis*. Fazenda São José, Município de Rio Claro - SP.

Figura 2. Disposição das 400 iscas no campo (área experimental), com identificação dos pontos utilizados para dimensionamento da área efetiva de forrageamento de *Heterotermes tenuis*.

os insetos foram transferidos para recipientes plásticos com tampa (200ml) contendo 150mg de solo e mantidos por uma semana. O papelão usado para alimentação dos insetos foi tratado por imersão em solução de azul de metileno, na concentração de 2,5 g/litro de água, por cinco minutos, seguido de secagem em estufa a 80°C por duas horas (Campos & Macedo, 1998b). Os insetos coloridos pelo processo de alimentação, foram devolvidos ao ponto onde haviam sido retirados e misturados à população presente na isca substituta, colocando-os ao redor do ponto A (Figura 3). Decorridos 7 dias, todas as iscas (B) foram recolhidas, examinadas quanto à presença de cupins e de indivíduos coloridos. Toda a população da isca que continha algum indivíduo colorido era trazida ao laboratório, onde recebia alimento com corante e devolvida ao campo no ponto onde havia sido retirada. No momento em que a população colorida era devolvida ao seu ponto original, novas iscas eram colocadas ao seu redor, no mesmo esquema representado na Figura 3. Assim, à medida em que foi sendo feita essa seqüência de coletas, avaliações, colorações e devoluções aos respectivos pontos no campo, foi possível desenhar o território de forrageamento da colônia. Esse processo durou três meses.

Figura 3. Disposição das iscas no campo (B) à partir do ponto (A) considerado centro de uma colônia.

Durante a sequência de colocação de indivíduos marcados e recapturas, quando houve pontos em que na recaptura apareceram indivíduos, mas estes não estavam coloridos, a operação foi repetida para confirmação. Quando a ausência de indivíduos marcados se confirmava, então, a população daquele ponto era confrontada com a população do ponto de liberação, para a confirmação de que se tratavam de duas colônias distintas, através da técnica de comportamento antagônico. Esse comportamento se refere a interações sociais de agressão que ocorrem quando indivíduos de diferentes espécies, diferentes colônias ou eventualmente diferentes indivíduos de uma mesma colônia se encontram (Grace, 1996).

Segundo Su & Scheffrahn (1988a) os cupins apresentam também competição intraespecífica, que geralmente resulta em resposta antagônica e interespecífica, que sugere haver hierarquia entre as espécies.

Para o cálculo da área espacial de forrageamento utilizou-se a metodologia de Jones (1990) na qual soma-se o número de iscas que contenha insetos coloridos e multiplica-as pela área que as iscas atuam, neste caso $6,25\text{m}^2$, pois as iscas estavam distanciadas entre si $2,5\text{m}$.

O método empregado para determinar a área de forrageamento foi medindo-se a maior distância linear, do centro da colônia ao ponto mais distante, e à partir dessa medida traçar uma circunferência, como foi feito por Grace et al. (1989) na determinação da área de forrageamento de *Reticulitermes flavipes* em duas localidades de Toronto (Canadá).

3.2 Densidade populacional, distribuição espacial e número de amostras

3.2.1 Estudo teórico

Para determinar o tipo de distribuição espacial das colônias de *H. tenuis* nas áreas levantadas, utilizou-se o índice de dispersão de Morisita que é dado pela fórmula $I_s = N [\Sigma x^2 - \Sigma x] \div [(\Sigma x)^2 - \Sigma x]$, onde, N é igual ao número total de amostras e x é igual ao

número de insetos nas amostras, tendo como interpretação $I_\delta=1$, distribuição ao acaso; $I_\delta > 1$, distribuição agregada e $I_\delta < 1$, distribuição regular.

O estudo teórico foi feito com a tábua de amostragem de Schultz et al. (1961), utilizando o quadro (100x100cm) de distribuição agregada e utilizando cores com densidades variando de 0,0015 à 0,0153, com um amostrador circular de 10 cm de diâmetro.

O número de amostras (n) para levantamento de infestação de cupins subterrâneos foi obtido com base no cálculo de comparação dado pela fórmula: $VR = [100 \times s(\bar{x})] \div \bar{x}$, onde, VR é igual a variação relativa e $s(\bar{x})$ é igual ao erro padrão da média (que é dado por: $s(\bar{x}) = s / \sqrt{x}$). O valor de VR foi adotado como ≤ 25 , considerado satisfatório por Silveira Neto et al. (1976) e Southwood (1995) numa estimativa de densidade de população de uma praga com potencial biótico extremamente grande.

3.2.2 Estudo em campo

Para estudar a disposição espacial das colônias de *H. tenuis* em cana-de-açúcar, foram utilizados dados de sete levantamentos efetuados entre 1995 e 1999 obtidos em áreas de plantio comercial dos municípios de Olímpia-SP (Usina Açúcar Guarani) e de Rio Claro-SP (Usina São João), que fazem parte de um projeto de pesquisa conduzido pelo Prof. Dr. Newton Macedo, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, Araras-SP.

Em cada levantamento foram colocadas 400 iscas do tipo Termitrap[®], no espaçamento de 5x5m, abrangendo uma área de 10.000m². Estas foram enterradas verticalmente ao solo, sendo que uma das extremidades permaneceu tangenciando a superfície. Decorridos 15 dias, as iscas foram vistoriadas para a identificação dos possíveis focos da praga e avaliadas de acordo com notas atribuídas às populações utilizado-se o seguinte critério: 0= ausência de cupins; 1= até 10 cupins; 2= de 11 a 100 cupins; 3= mais de 100 cupins.

Embora Campos (1997) tenha indicado que a melhor época para levantamento de população de cupins subterrâneos em cana-de-açúcar seja o outono, todos os levantamentos foram realizados na primavera (mês de outubro), em sucessão à colheita da cana, uma vez que era impraticável as suas execuções com o canavial formado.

A densidade populacional (quantidade de pontos com presença de cupins) foi calculada somando-se o número de pontos amostrados atacados por *H. tenuis* e dividindo o valor obtido pelo número total de amostras, que para este estudo foi de 400 por área amostrada.

Posteriormente, tendo como base o estudo teórico, foi calculada a variação relativa (VR) para cada área amostrada, para a elaboração de gráficos que possibilitaram a escolha do número mínimo de iscas necessário para o monitoramento de um hectare de cana-de-açúcar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Área de forrageamento das colônias de *Heterotermes tenuis* em cana-de-açúcar

A técnica de coloração e recaptura permitiu delimitar o território de forrageamento de três colônias de *H. tenuis*.

Para determinar a área de forrageamento foi utilizada a disposição de iscas apresentada na Figura 3, onde a letra A (ponto central) foi considerada o centro de uma colônia, sendo colocadas iscas ao redor, distanciadas entre si 2,5m (letra B), tendo, portanto, uma área de atração de $6,25\text{m}^2$.

A primeira avaliação dos três locais (A, B e C) está representada pela Figura 4. Os pontos centrais, em verde, foram os locais de liberação de cupins coloridos. Os pontos em vermelho representam os locais originalmente com cupins e os números são as notas de população atribuídas a cada ponto.

Após a segunda liberação de insetos coloridos, foi feita a distribuição de novas iscas nos pontos marginais onde haviam sido capturados insetos coloridos, para possível recaptura. A linha escura representa a situação inicial (Figura 5).

Durante o período de três meses foi feita, semanalmente, a recaptura de cupins coloridos e, após 11 avaliações, obteve-se a área de forrageamento das colônias estudadas representadas na Figura 6. A determinação da área espacial de forrageamento (área efetiva no período avaliado) foi de $68,75\text{m}^2$, $68,75\text{m}^2$ e $62,5\text{m}^2$, para os locais A, B e C, respectivamente (Tabela 1).

A partir do tamanho médio das colônias ($66,67\text{m}^2$) determinado nesta pesquisa pode-se estimar que a área de um hectare, comportava aproximadamente 150

diferentes colônias de *H. tenuis*, semelhante aos resultados observados por Haverty et al. (1975) para *H. aureus* que encontrou até 190 colônias/ha.

Tabela 1. Área espacial do território de forrageamento para *Heterotermes tenuis* em cultura de cana-de-açúcar, baseado na liberação e recaptura de insetos marcados.

Locais	Número de iscas infestadas	Área ocupada por isca (m ²)	Área espacial de forrageamento (m ²)
A	11	6,25	68,75
B	11	6,25	68,75
C	10	6,25	62,50

Durante as avaliações, nos locais em que foram recapturados indivíduos coloridos quando se utilizou a técnica de comportamento antagônico, em todos os casos, ficou comprovado que eram indivíduos que pertenciam a outras colônias, diferentes das que estavam sendo estudadas pela ocorrência de interações sociais de agressão entre as populações.

Outro método empregado para se determinar a área de forrageamento foi medindo-se a maior distância linear, do centro da colônia ao ponto mais distante, e à partir dessa medida traçar uma circunferência, como foi feito por Grace et al. (1989) na determinação da área de forrageamento de *Reticulitermes flavipes* em duas localidades de Toronto (Canadá).

Pelo método de Grace et al. (1989) obteve-se o que pode ser considerada de área potencial de forrageamento. Para as colônias estudadas os raios médios calculados foram de 12,03m, 11,18m e 7,07m o que correspondeu a área de 454,7m², 392,7m² e 157,0m² para os locais A, B e C, respectivamente.

Local A

Local B

Local C

Figura 4. Locais de forrageamento de cupins *Heterotermes tenuis*. Situação inicial de monitoramento das populações, com as respectivas notas, após a primeira liberação de insetos coloridos (Rio Claro-SP, 1997).

Local A

- Ponto central onde foram liberados cupins coloridos
- Pontos com cupins coloridos
- Pontos onde foram colocadas iscas brancas para possível recaptura de insetos coloridos
- Situação inicial

Critério de Notas

- 0 - ausência de cupins
- 1 - até 10 cupins
- 2 - de 11 à 100 cupins
- 3 - mais de 100 cupins

Local B

Local C

Figura 5. Locais de forrageamento e notas de população de cupins *Heterotermes tenuis*. Situação após a segunda liberação de insetos coloridos (Rio Claro-SP, 1997).

Figura 6. Locais de forrageamento (área efetiva) de cupins *Heterotermes tenuis*. Situação final de monitoramento das populações (Rio Claro-SP, 1997).

Os resultados obtidos na presente pesquisa estão dentro do intervalo encontrado por Almeida et al. (1999) que, para estimar a área de forrageamento de *H. tenuis*, utilizaram iscas marcadas com o radioisótopo ^{32}P e concluíram que esta área pode variar de 3 a 1250m^2 e que pode existir a presença de mais de uma colônia numa mesma área de forrageamento. Os autores estimaram ainda que a área média de forrageamento pode ser de 315m^2 , muito próxima da média encontrada nesta pesquisa.

Estudos de marcação indicaram que a população de *R. flavipes* da mesma família de *H. tenuis*, pode variar de 0,2 à 5 milhões de cupins por colônia e que pode atingir área de 79m lineares. As galerias deste cupim subterrâneo inclui muitos ninhos (ninho principal e ninhos satélites) ou locais de forrageamento interligados por túneis (Grace et al., 1989; Su et al., 1993).

A técnica de coloração é também utilizada para determinar o número de indivíduos de uma colônia como foi feito por Tsunoda et al. (1999) que, com esta metodologia, puderam estimar a população e o território de forrageamento de três colônias de *Reticulitermes speratus*, encontrando área efetiva de forrageamento que variou de 6 à $56,6\text{m}^2$ para as três colônias estudadas.

Su et al. (1995) utilizaram o método de coloração e recaptura para estimar a população de *Coptotermes formosanus* que estava forrageando, a fim de estabelecer quais colônias deveriam ser tratadas com iscas impregnadas com sulfluramida para a determinação do tempo letal do produto.

Campos & Macedo (1998a) estudando a biologia de *H. tenuis* em laboratório, à partir de casais alados coletados em iscas Termitrap[®], observaram o aparecimento dos primeiros ovos à partir de 30 dias após a coleta, as primeiras ninfas de operários aos 47 dias e as primeiras ninfas de soldados aos 106 dias. Com essas informações pode-se supor que as colônias estudadas são antigas, possuindo milhares de indivíduos e, portanto, forrageam uma área grande. Estas observações são um indicativo de que as colônias presentes em áreas agrícolas, cujas populações são capazes de causar dano econômico, têm anos de existência e encontram-se muito bem adaptadas às condições ecológicas da área.

Existe a possibilidade das colônias de *H. tenuis* apresentarem rainhas de substituição, e como são fortes as evidências de que os ninhos possam ser profundos, pois, em trabalho de Macedo (1999, não publicado) já foram capturados operários e soldados de *H. tenuis* a mais de 60 cm de profundidade, os ninhos mais superficiais, que podem ser desestruturados durante os tratos culturais, seriam uma forma de disseminação das colônias.

4.2 Densidade populacional, distribuição espacial e número de amostras

4.2.1 Estudo teórico

Quanto à distribuição espacial, nos levantamentos realizados concluiu-se que os mesmos apresentam-se infestando cana-de-açúcar em uma forma de distribuição do tipo agregada, porque todos os valores obtidos foram superiores à 1, o que evidentemente dificulta os métodos de amostragens para detecção de infestação desta espécie (Tabela 2).

Sabendo que o tipo de distribuição de *H. tenuis* é agregada, utilizaram-se, na tábua de amostragem, as cores correspondentes a essa distribuição para o estudo de laboratório. Portanto, as cores estudadas foram laranja, com densidade 0,0095; verde total, com densidade 0,0220; azul escuro, com densidade 0,0142; rosa, com densidade 0,0068; marrom, com densidade 0,040 e roxo, com densidade 0,021. Foram feitos levantamentos hipotéticos sobre a tábua de amostragem, simulando amostragens ao acaso, com sorteio de números, e sistematizada, para obter dados para a realização do cálculo de comparação, utilizando a variação relativa (VR) (Tabelas de 3 a 6).

Tabela 2. Índices de Morisita (I_8) para áreas de cultivo comercial de cana-de-açúcar localizadas nos municípios de Olímpia-SP e Rio Claro-SP.

Local	Σx	Σx^2	I_8
Olímpia - Área 1	102	302	7,77
Olímpia - Área 2	657	1971	1,22
Olímpia - Área 3	364	1088	2,19
Rio Claro - 1995	264	710	2,57
Rio Claro - 1996	218	580	3,06
Rio Claro - 1997	215	599	3,34
Rio Claro - 1999	352	1034	2.21

Tabela 3. Valores da média, variância e variação relativa (VR) calculados à partir de 16 levantamentos realizados no quadro de amostragem de forma ao acaso.

Cor	$\bar{x}$	s	VR	$\overline{VR}$
Laranja				
Repetição 1	0,56	0,81	36,18	39,58
Repetição 2	1,50	1,67	27,89	
Repetição 3	0,44	1,03	58,90	
Repetição 4	1,00	1,41	35,36	
Verde				
Repetição 1	5,38	6,54	30,42	36,81
Repetição 2	4,38	7,51	42,91	
Repetição 3	3,19	3,15	24,67	
Repetição 4	3,13	6,15	49,22	
Azul escuro				
Repetição 1	0,88	1,09	31,08	20,18
Repetição 2	1,25	0,78	15,49	
Repetição 3	1,94	1,34	17,29	
Repetição 4	1,69	1,14	16,86	
Rosa				
Repetição 1	0,56	0,51	22,77	29,56
Repetição 2	0,25	0,45	44,72	
Repetição 3	0,38	0,50	33,33	
Repetição 4	0,69	0,48	17,41	
Marrom				
Repetição 1	0,19	0,40	53,75	42,89
Repetição 2	0,19	0,40	53,75	
Repetição 3	0,56	0,51	22,77	
Repetição 4	0,38	0,62	41,28	
Roxo				
Repetição 1	1,75	1,48	21,19	23,58
Repetição 2	1,88	1,26	16,78	
Repetição 3	1,63	1,93	29,66	
Repetição 4	1,31	1,40	26,68	

Tabela 4. Valores da média, variância e variação relativa (VR) calculados à partir de 20 levantamentos realizados no quadro de amostragem de forma ao acaso.

Cor	$\bar{x}$	s	VR	$\overline{VR}$
Laranja				
Repetição 1	0,70	1,17	37,51	37,21
Repetição 2	0,90	1,37	34,10	
Repetição 3	0,60	1,19	44,26	
Repetição 4	1,15	1,69	32,95	
Verde				
Repetição 1	2,85	4,50	35,30	37,26
Repetição 2	4,45	6,80	34,18	
Repetição 3	3,55	5,67	35,72	
Repetição 4	3,10	6,08	43,84	
Azul escuro				
Repetição 1	1,35	1,04	17,23	21,26
Repetição 2	1,05	1,19	25,36	
Repetição 3	1,15	0,88	17,02	
Repetição 4	1,15	1,31	25,45	
Rosa				
Repetição 1	0,65	0,49	16,84	22,63
Repetição 2	0,50	0,51	22,94	
Repetição 3	0,45	0,51	25,36	
Repetição 4	0,45	0,51	25,36	
Marrom				
Repetição 1	0,30	0,57	42,58	34,42
Repetição 2	0,50	0,61	27,15	
Repetição 3	0,30	0,57	42,58	
Repetição 4	0,45	0,51	25,36	
Roxo				
Repetição 1	1,80	1,40	17,38	17,45
Repetição 2	1,60	1,43	19,97	
Repetição 3	2,15	1,31	13,61	
Repetição 4	1,35	1,14	18,83	

Tabela 5. Valores da média, variância e variação relativa (VR) calculados à partir de 16 levantamentos realizados no quadro de amostragem de forma sistematizada.

Cor	$\bar{x}$	s	VR	$\overline{VR}$
Laranja				
Repetição 1	0,88	1,50	42,86	39,69
Repetição 2	0,50	0,73	36,52	
Verde				
Repetição 1	5,25	7,28	34,67	34,86
Repetição 2	4,13	5,78	35,05	
Azul escuro				
Repetição 1	1,13	0,89	19,67	19,50
Repetição 2	1,31	1,01	19,32	
Rosa				
Repetição 1	0,31	0,48	38,30	38,30
Repetição 2	0,31	0,48	38,30	
Marrom				
Repetição 1	0,13	0,34	68,31	50,82
Repetição 2	0,38	0,50	33,33	
Roxo				
Repetição 1	1,25	1,39	27,81	28,44
Repetição 2	1,44	1,67	29,08	

Tabela 6. Valores da média, variância e variação relativa (VR) calculados à partir de 20 levantamentos realizados no quadro de amostragem de forma sistematizada.

Cor	$\overline{x}$	s	VR	$\overline{VR}$
Laranja				
Repetição 1	0,50	0,76	34,03	41,06
Repetição 2	0,65	1,39	47,71	
Repetição 3	0,45	0,89	44,08	
Repetição 4	0,85	1,46	38,43	
Verde				
Repetição 1	5,25	6,26	26,65	28,11
Repetição 2	4,80	6,86	31,98	
Repetição 3	5,35	5,75	24,04	
Repetição 4	4,30	5,61	29,78	
Azul escuro				
Repetição 1	1,70	1,49	19,60	22,38
Repetição 2	0,90	1,07	26,61	
Repetição 3	1,25	1,29	23,12	
Repetição 4	1,30	1,17	20,20	
Rosa				
Repetição 1	0,40	0,50	28,10	28,00
Repetição 2	0,55	0,51	20,75	
Repetição 3	0,30	0,47	35,04	
Repetição 4	0,40	0,50	28,10	
Marrom				
Repetição 1	0,45	0,61	30,05	34,72
Repetição 2	0,25	0,44	39,74	
Repetição 3	0,30	0,47	35,04	
Repetição 4	0,30	0,47	34,04	
Roxo				
Repetição 1	1,65	1,04	14,09	17,99
Repetição 2	1,70	1,59	20,95	
Repetição 3	1,90	1,41	16,60	
Repetição 4	1,45	1,32	20,31	

4.2.2 Estudo em campo

As figuras de 7 a 13 representam os levantamentos realizados em áreas comerciais de cana-de-açúcar e correspondem às posições espaciais prováveis e densidade de colônias nas áreas levantadas.

Nas referidas áreas houve também a incidência de outros gêneros de cupins, como, *Procornitermes*, *Anoplotermes*, *Neocapritermes*, *Cornitermes*, *Ruptitermes*, o que confirma a alta atratividade da isca utilizada, que não foram consideradas na presente pesquisa.

Nas áreas de Olímpia-SP a densidade populacional foi de 0,08/ha, 0,55/ha e 0,30/ha, para as áreas 1, 2 e 3 respectivamente, mostrando que em uma mesma propriedade há grande variação na densidade populacional e por isso é muito importante que se utilize um método de amostragem, para controlar a praga apenas onde ela atinja o nível de dano econômico (Figuras 7, 8 e 9).

Na área de Rio Claro-SP, na qual os levantamentos foram consecutivos sobre o mesmo local, no ano de 1995 a densidade populacional foi de 0,27/ha, em 1996 esse número diminuiu para 0,22/ha e em 1997 decresceu para 0,20/ha, passando para 0,31/ha em 1999, ano em que foi realizado o último corte de cana, para posterior reforma do canavial. Este dados indicam que embora haja uma oscilação da densidade populacional de um ano para o outro, o que indica uma variação na área de forrageamento, em consequência provavelmente de fatores edafoclimáticos, há uma coerência de dados, o que permite supor que os levantamentos feitos em um ano podem ser tomados como válidos para a área para outros anos, com aceitável precisão (Figuras 10 a 13).

0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3	3	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	3	0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3

Figura 7. Levantamento populacional de *Heterotermes tenuis*, com notas de população (0 à 3), em área de cana-de-açúcar, com isca Termitrap®. Olímpia-SP, 1995. (Área 1) (Densidade populacional = 0,08).

3	0	0	0	3	3	0	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	0	3	0
3	3	3	0	3	0	3	0	0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	3	0
3	3	0	0	3	0	0	3	3	3	0	0	3	0	0	3	3	3	3	0
3	0	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	0
3	0	0	3	3	3	3	3	0	3	3	3	0	0	0	3	0	3	0	3
3	3	0	3	3	3	0	3	0	3	0	3	3	0	0	0	0	3	3	3
3	0	0	3	3	3	3	0	3	0	3	0	0	0	0	0	3	3	0	3
3	3	0	3	3	3	0	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3
3	0	0	3	3	0	3	0	0	3	0	3	0	0	0	3	0	3	3	0
3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	3	0	0	0	3	0	3	3
3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	0	3	0	0	3	3	0	0	0
3	3	3	3	0	3	0	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0
3	3	3	0	0	3	3	0	3	3	3	0	0	0	0	0	3	3	3	0
3	3	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0	0	3	3	3	3	3
3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	3	0	0	0	3	0	3	3
3	3	0	3	3	0	3	3	3	3	0	0	3	0	0	3	3	3	3	3
3	0	3	0	3	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
3	3	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	0	0	3	3	3	3	0	3
3	3	0	3	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	3	3	3	0	3	0
3	3	3	0	3	0	3	0	0	3	0	0	0	3	0	3	0	3	3	3

Figura 8. Levantamento populacional de *Heterotermes tenuis*, com notas de população (0 à 3), em área de cana-de-açúcar, com isca Termitrap®. Olímpia-SP, 1995. (Área 2) (Densidade populacional = 0,55).

0	0	3	3	3	3	0	0	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	3	3
0	0	3	0	0	3	0	3	3	0	3	3	0	0	3	0	3	3	3	0
3	0	3	0	0	3	0	3	0	0	0	0	3	0	0	3	0	3	0	0
0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0
0	3	0	0	3	0	0	3	3	0	3	0	3	0	3	0	0	0	3	0
3	0	3	3	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0
3	3	3	0	0	3	3	3	3	2	0	0	0	3	3	0	0	0	3	0
3	0	0	0	3	0	3	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3	3
3	0	0	0	0	3	0	3	3	3	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0
2	0	0	0	0	0	3	0	3	3	3	0	0	0	3	3	0	0	3	0
0	0	0	0	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	3	3	0	0	3	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3
0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	3	0
3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	3	3
0	0	3	3	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
3	3	0	3	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0

Figura 9. Levantamento populacional de *Heterotermes tenuis*, com notas de população (0 à 3), em área de cana-de-açúcar, com isca Termitrap®. Olímpia-SP, 1995. (Área 3) (Densidade populacional = 0,30).

3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0
0	0	0	3	3	3	3	3	3	1	0	0	3	3	0	3	1	3	3	0		
0	0	3	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0		
0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0		
3	0	3	0	0	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	0	0	0	0	0		
2	3	3	0	0	0	0	3	0	3	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0		
0	3	2	2	3	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	3	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	0	0	3	0	1	0	1	1	0	3	0	1	0	3	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	3	2	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0		
3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	3	2	2	1	1	3		
2	0	0	3	0	2	1	3	3	0	2	2	0	0	0	0	1	3	0	1		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	3	0	0	0	0	0		
3	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	2		
0	0	0	3	2	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0		

Figura 10. Levantamento populacional de *Heterotermes tenuis*, com notas de população (0 à 3), em área de cana-de-açúcar, com isca Termitrap®. Rio Claro-SP, 1995. (Densidade populacional = 0,27).

3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	3	0	0	3	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1	0	3
3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	0	0
2	3	0	0	2	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	2	0	3	
0	0	3	1	0	0	0	0	0	1	0	3	2	0	0	0	3	0	0	0	
0	0	3	0	3	3	3	3	0	0	3	0	3	0	0	0	3	0	2	0	
0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	
0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	2	0	0	0	
2	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	3	1	0	0	3	2	0	0	0	
0	0	3	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	3	3	2	0	3	0	

Figura 11. Levantamento populacional de *Heterotermes tenuis*, com notas de população (0 à 3), em área de cana-de-açúcar, com isca Termitrap[®]. Rio Claro-SP, 1996. (Densidade populacional = 0,22).

0	3	3	2	0	3	3	0	0	3	3	0	0	0	0	3	0	2	0	0
0	3	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	3	0	3	3	0	0	0	0	0
3	0	2	3	3	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	3	0	0	3	3	3	3	0	3	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	2	0
0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	3	0	2
0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0
0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	1
0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	3	3	0	0	0	2	0

Figura 12. Levantamento populacional de *Heterotermes tenuis*, com notas de população (0 à 3), em área de cana-de-açúcar, com isca Termitrap[®]. Rio Claro-SP, 1997. (Densidade populacional = 0,20).

0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3	3	0	3	2	0	3	0	0	0	3	3	0	0	0	3	0
0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	3	3	0	0	3	0	3	0	0	3
0	3	0	0	0	0	3	3	0	0	0	3	0	2	3	3	3	3	0	0
3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0
0	3	3	3	0	0	3	0	3	0	0	3	0	0	0	3	0	0	3	3
0	3	3	3	3	0	3	3	0	3	0	0	3	0	0	3	0	3	3	3
3	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	3
0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
0	0	3	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	3	2	1	2	0	3
3	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	0	3	0	2	3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	0
0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0
0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	3	3
0	3	0	0	0	0	3	0	0	3	0	3	3	0	3	3	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	3	0	0	3	0	3	0	0	0	0
0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0

Figura 13. Levantamento populacional de *Heterotermes tenuis*, com notas de população (0 à 3), em área de cana-de-açúcar, com isca Termitrap[®]. Rio Claro-SP, 1999. (Densidade populacional = 0,31).

Castilho (1998), pesquisando a distribuição espacial de cupins subterrâneos através da geoestatística em área de cultivo de cana-de-açúcar, concluiu que *H. tenuis* ocorre como espécie constante, presentes em mais de 50% das coletas, em uma área significativa da região estudada, parecendo estar em franca expansão.

Com o cálculo de comparação, utilizando a variação relativa (VR), para a obtenção do número de amostras (n) do levantamento de infestação de cupins subterrâneos, obteve-se os resultados apresentados nas Tabelas de 7 à 11.

O cálculo de VR foi realizado variando o número de amostras em 10, 20, 30, 40 e 50 para cada área com o propósito de obter gráficos que possibilitassem a tomada de decisão em relação ao número mínimo de iscas necessárias para o monitoramento de um hectare de cana-de-açúcar em relação à *H. tenuis* (Figuras de 14 à 20).

Para correlacionar o número mínimo de isca por hectare, necessário para o monitoramento e/ou controle de *H. tenuis* em cana-de-açúcar, com o valor pré-determinado da variação relativa ($VR \leq 25$), pode-se observar que, com exceção do levantamento realizado em Olímpia-SP (área 1), onde o valor 25 corresponde à 50 iscas/ha, nas outras localidades e nos diferentes anos, esse valor correspondeu, em média, a 20 iscas/ha, para densidades populacionais que variaram de 0,20 a 0,55 (Figuras 14 a 20). Em densidades muito baixas, como no primeiro caso, onde foi de 0,08, seria necessário um número maior de iscas, porém, áreas com estas densidades não necessitam de controle, pois a praga não atinge o nível considerado como sendo de dano econômico.

Tabela 7. Valores da média ($\bar{x}$), variância (s) e variação relativa (VR) calculados à partir de levantamentos realizados com 10 iscas Termitrap[®] por hectare em áreas de cultivo comercial de cana-de-açúcar localizadas nos municípios de Olímpia-SP e Rio Claro-SP.

Local	$\bar{x}$	s	VR	$\overline{VR}$
Olímpia - Área 1				
Repetição 1	0,2	0,421	66,67	58,80
Repetição 2	0,3	0,483	50,92	
Olímpia - Área 2				
Repetição 1	2,0	1,330	21,08	36,73
Repetição 2	0,7	1,159	52,38	
Olímpia - Área 3				
Repetição 1	0,9	1,100	38,67	45,36
Repetição 2	0,8	1,316	52,04	
Rio Claro - 1995				
Repetição 1	0,6	0,843	44,44	37,81
Repetição 2	0,8	0,788	31,18	
Rio Claro - 1996				
Repetição 1	1,3	0,949	23,08	24,45
Repetição 2	1,0	0,816	25,82	
Rio Claro - 1997				
Repetição 1	0,7	0,949	42,86	40,03
Repetição 2	0,7	0,823	37,19	
Rio Claro - 1999				
Repetição 1	1,8	1,317	23,13	17,71
Repetição 2	2,5	0,972	12,29	

Tabela 8. Valores da média ($\bar{x}$), variância (s) e variação relativa (VR) calculados à partir de levantamentos realizados com 20 iscas Termitrap[®] por hectare em áreas de cultivo comercial de cana-de-açúcar localizadas nos municípios de Olímpia-SP e Rio Claro-SP.

Local	$\bar{x}$	s	VR	$\overline{VR}$
Olímpia - Área 1				
Repetição 1	0,4	0,503	28,10	43,30
Repetição 2	0,2	0,523	58,49	
Olímpia - Área 2				
Repetição 1	2,0	1,146	13,14	13,45
Repetição 2	1,8	0,105	13,73	
Olímpia - Área 3				
Repetição 1	1,0	1,191	28,03	24,46
Repetição 2	1,0	0,887	20,88	
Rio Claro - 1995				
Repetição 1	1,1	0,968	19,68	20,26
Repetição 2	1,3	1,164	20,83	
Rio Claro - 1996				
Repetição 1	1,0	0,973	21,76	24,56
Repetição 2	0,9	1,040	27,36	
Rio Claro - 1997				
Repetição 1	0,7	0,671	23,08	24,04
Repetição 2	0,8	0,894	25,00	
Rio Claro - 1999				
Repetição 1	1,3	1,031	17,74	19,16
Repetição 2	1,2	1,105	20,59	

Tabela 9. Valores da média ($\bar{x}$), variância (s) e variação relativa (VR) calculados à partir de levantamentos realizados com 30 iscas Termitrap[®] por hectare em áreas de cultivo comercial de cana-de-açúcar localizadas nos municípios de Olímpia-SP e Rio Claro-SP.

Local	$\bar{x}$	s	VR	$\overline{VR}$
Olímpia - Área 1				
Repetição 1	0,3	0,606	33,22	34,50
Repetição 2	0,4	0,718	35,77	
Olímpia - Área 2				
Repetição 1	2,6	1,406	10,00	9,91
Repetição 2	2,3	1,236	9,81	
Olímpia - Área 3				
Repetição 1	1,2	0,985	15,42	15,68
Repetição 2	1,4	1,251	15,93	
Rio Claro - 1995				
Repetição 1	1,0	1,033	19,52	18,21
Repetição 2	1,3	1,172	16,90	
Rio Claro - 1996				
Repetição 1	0,8	0,950	20,81	19,66
Repetição 2	1,1	1,080	18,50	
Rio Claro - 1997				
Repetição 1	0,9	0,885	17,95	17,12
Repetição 2	0,9	0,803	16,29	
Rio Claro - 1999				
Repetição 1	1,5	1,167	13,89	13,34
Repetição 2	1,5	1,074	12,79	

Tabela 10. Valores da média ($\bar{x}$), variância (s) e variação relativa (VR) calculados à partir de levantamentos realizados com 40 iscas por hectare em áreas de cultivo comercial de cana-de-açúcar localizadas nos municípios de Olímpia-SP e Rio Claro-SP.

Local	$\bar{x}$	s	VR	$\overline{VR}$
Olímpia - Área 1				
Repetição 1	0,3	0,526	25,57	28,80
Repetição 2	0,3	0,608	32,03	
Olímpia - Área 2				
Repetição 1	2,2	1,121	7,96	8,61
Repetição 2	2,3	1,316	9,25	
Olímpia - Área 3				
Repetição 1	1,2	1,043	13,74	14,37
Repetição 2	1,1	1,067	14,99	
Rio Claro - 1995				
Repetição 1	0,8	0,997	20,40	20,81
Repetição 2	0,8	1,006	21,22	
Rio Claro - 1996				
Repetição 1	1,0	1,050	17,02	15,74
Repetição 2	1,0	0,891	14,45	
Rio Claro - 1997				
Repetição 1	0,9	0,834	15,51	16,69
Repetição 2	0,7	0,791	17,87	
Rio Claro - 1999				
Repetição 1	1,4	1,033	11,66	11,57
Repetição 2	1,4	1,035	11,48	

Tabela 11. Valores da média ($\bar{x}$), variância (s) e variação relativa (VR) calculados à partir de levantamentos realizados com 50 iscas Termitrap[®] por hectare em áreas de cultivo comercial de cana-de-açúcar localizadas nos municípios de Olímpia-SP e Rio Claro-SP.

Local	$\bar{x}$	s	VR	$\overline{VR}$
Olímpia - Área 1				
Repetição 1	0,4	0,670	23,69	24,38
Repetição 2	0,3	0,497	25,08	
Olímpia - Área 2				
Repetição 1	2,2	1,057	6,92	7,96
Repetição 2	2,1	1,35	9,00	
Olímpia - Área 3				
Repetição 1	1,1	1,050	13,03	13,37
Repetição 2	1,0	0,969	13,70	
Rio Claro - 1995				
Repetição 1	1,5	1,015	9,57	13,18
Repetição 2	0,8	0,997	16,79	
Rio Claro - 1996				
Repetição 1	0,9	0,966	14,84	14,67
Repetição 2	0,9	0,881	14,49	
Rio Claro - 1997				
Repetição 1	0,7	0,707	14,29	14,80
Repetição 2	0,6	0,693	15,31	
Rio Claro - 1999				
Repetição 1	1,4	1,088	10,99	10,72
Repetição 2	1,2	0,916	10,45

Figura 14. Valor de variação relativa (VR) para o levantamento realizado em Olímpia-SP (área 1).

Figura 15. Valor de variação relativa (VR) para o levantamento realizado em Olímpia-SP (área 2).

Figura 16. Valor de variação relativa (VR) para o levantamento realizado em Olímpia-SP (área 3).

Figura 17. Valor de variação relativa (VR) para o levantamento realizado em Rio Claro-SP (1995).

Figura 18. Valor de variação relativa (VR) para o levantamento realizado em Rio Claro-SP (1996).

Figura 19. Valor de variação relativa (VR) para o levantamento realizado em Rio Claro-SP (1997).

Figura 20. Valor de variação relativa (VR) para o levantamento realizado em Rio Claro-SP (1999).

5 CONCLUSÕES

- Utilizando-se a técnica de captura, marcação (por meio de alimento colorido), liberação e recaptura de operários é possível delimitar o território de forrageamento de colônias de *Heterotermes tenuis* infestando áreas de cana-de-açúcar;
- A área média de forrageamento efetivo por um período de 3 meses é de 66,67m² enquanto que a área de forrageamento potencial estimada é de 334,8m²;
- A densidade populacional de *H. tenuis* em áreas de cana-de-açúcar varia muito de uma área para outra, mas varia pouco em uma mesma área de um ano para outro;
- A distribuição de colônias de *H. tenuis* é do tipo agregada;
- O número mínimo de iscas Termitrap[®] para monitoramento de populações de *H. tenuis* é 20 por hectare.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMSON, A.M. Laboratory technique for the study of living termites. **Ecology**, v.22, n.4, p. 411-414, 1941.
- ALMEIDA, J.E.M. Avaliação de fungos entomopatogênicos visando ao controle do cupim subterrâneo *Heterotermes tenuis* (Hagen, 1858) (Isoptera, Rhinotermitidae). Piracicaba, 1994. 105p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- ALMEIDA, J.E.M.; ALVES, S.B. Seleção de armadilhas para *Heterotermes tenuis* em condições de laboratório e campo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, n.3, p.619-624, 1995.
- ALMEIDA, J.E.M.; ALVES, S.B. Mortalidade de *Heterotermes tenuis* (Hagen) atraídos por armadilhas com *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e imidacloprid. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. v.25, n.3, p.507-512, 1996.
- ALMEIDA, J.E.M.; ALVES, S.B.; MOINO JR., A.; LOPES, R.B. Controle do cupim subterrâneo *Heterotermes tenuis* (Hagen) com iscas Termitrap[®] impregnadas com inseticidas e associadas ao fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. v.24, n.4, p.639-644, 1998.

- ALMEIDA, J.E.M.; ALVES, S.B.; WALDER, J.M.M. Tamanho da área de forrageamento do cupim subterrâneo *Heterotermes tenuis* (Isoptera; Rhinotermitidae) em cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v.56, n.2, p.313-316, 1999.
- ALMEIDA, L.C.; PETRI, J.L.; IGLESIAS, A.C. Flutuação populacional e avaliação de danos por cupins em parcelas tratadas com diferentes inseticidas. **Boletim Técnico Copersucar**, v.46, p. 37-43, 1989.
- ALVES, S.B. Fungos entomopatogênicos. In: ALVES, S.B. (Ed.) **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: FEALQ, 1998. cap.11, p.289-370.
- ALVES, S.B.; ALMEIDA, J.E.M.; MOINO JR., A.; STIMAC, J.L.; PEREIRA, R.M. Uso de *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* no controle de *Cornitermes cumulans* (Kollar, 1932) em pastagens. **Ecossistema**, v.20, p.50-57, 1995.
- ARRIGONI, E.B.; ALMEIDA, L.C.; KASTEN JR., P.; PRECETTI, A.A.C.M. Distribuição de espécies de cupins, em cana-de-açúcar, em unidades cooperadas das regiões de Jaú e Sertãozinho - SP. **Boletim Técnico Copersucar**, v.48, p.38-47, 1989.
- BANDEIRA, A.G. Ocorrência de cupins (Insecta - Isoptera) como pragas de mandioca em Bajurú, Pará. **Acta Amazonica**, v.11, n.1, p. 49-52, 1981.
- BECKER, G. Rearing of termites and testing methods used in laboratory. In: KRISHNA, K.; WEESNER, F.M. **Biology of termites**. New York: Academic Press, 1969. v.1, cap.11, p.351-385.

BERTI FILHO, E. Cupins e florestas. In: ENCONTRO PAULISTA DE PESQUISADORES DE CUPINS, 3., Piracicaba, 1995. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.127-140.

BIANCO, R. Construção e validação de planos de amostragem para o manejo da lagarta do cartucho - *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae), na cultura do milho. Piracicaba, 1995. 113p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

CAMPOS, M.B.S. Atratividade de iscas ao cupim subterrâneo *Heterotermes tenuis* (Hagen, 1858) (Isoptera, Rhinotermitidae), em condições de campo. Piracicaba, 1997. 84p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

CAMPOS, M.B.S.; MACEDO, N. Formação de colônias e longevidade de operários de *Heterotermes tenuis* (H.,1858). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 17., Rio de Janeiro, 1998. **Resumos**. Rio de Janeiro: SEB, 1998a. p.653.

CAMPOS, M.B.S.; MACEDO, N. Marcação do cupim subterrâneo *Heterotermes tenuis* com papelão colorido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 17., Rio de Janeiro, 1998. **Resumos**. Rio de Janeiro: SEB: 1998b. p.654.

CASTILHO, H.J. Estudo da distribuição espacial de cupins subterrâneos através da geoestatística em área de cultivo de cana-de-açúcar. São Carlos, 1998. 165p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos.

CHAMBERS, D.M.; ZUNGOLI, P.A.; HILL JR., H.S. Distribution and habitats of Formosan Subterranean Termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in South Carolina. **Journal of Economic Entomology**, v.81, n.6, p.1611-1619, 1988.

- COSTA-LEONARDO, A.M. A metodologia de iscas para controle de cupins subterrâneos. **Revista de Agricultura**, v.71, n.3, p.337-344, 1996.
- CRIST, T.O. The spatial distribution of termites in shortgrass steppe: a geostatistical approach. **Oecologia**, v.114, p.410-416, 1998.
- DIBOG, L.; EGGLETON, P.; FORZI, F. Seasonality of soil termites in a humid tropical forest, Mbalmayo, southern Cameroon. **Journal of Tropical Ecology**, v.14, p.841-850, 1998.
- ESENTHER, G.R.; BEAL, R.H. Attractant-Mirex bait suppress activity of *Reticulitermes* spp. **Journal of Economic Entomology**, v.67, n.1, p.85-88, 1974.
- FORTI, L.C.; ANDRADE, K.L. Populações de cupins. In: ENCONTRO PAULISTA DE PESQUISADORES DE CUPINS, 3., Piracicaba, 1995. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.29-51.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO SILVEIRA, S. et al. **Manual de entomologia agrícola**. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1988. 650p.
- GONÇALVES, J.S.; VEIGA FILHO, A.A. Açúcar e Alcool. **Prognóstico Agrícola**, v.2, p.141-150, 1998.
- GRACE, J.K. Absence of overt agonistic behavior in a Northern population of *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, v.28, n.1, p.103-110, 1996.
- GRACE, J.K.; ABDALLAY, A.; FARR, K.R. Eastern subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) foraging territories and populations in Toronto. **The Canadian Entomologist**, v. 121, p.551-556, 1989.

- HAASGMA, K.A.; RUST, M.K. Colony size estimates, foraging trends, and physiological characteristics of the Western Subterranean Termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Environmental Entomology**, v.24, n.6, p.1520-1528, 1995.
- HARRIS, W.V. **Termite as pests of crops and trees**. London: Commonwealth Institute of Entomology, 1969.
- HARRIS, W.V. Termite as pests of sugarcane. In: WILLIAMS, J. R. et al. **Pest of sugar cane**. Amsterdam: Elsevier, 1984. p.225-235.
- HAVERTY, M.I.; NUTTING, W.L.; LA FAGE, J.P. Density of colonies and spatial distribution of foraging territories of desert subterranean termite, *Heterotermes aureus* (Snyder). **Environmental Entomology**, v.4, n.1, p. 105-109, 1975.
- HAVERTY, M.I.; NUTTING, W.L.; LA FAGE, J.P. A comparison of two techniques for determining abundance of subterranean termites in an Arizona Desert Grassland. **Insectes Sociaux**, v.23, n.2, p.175-178, 1976.
- HOWARD, R.W.; JONES, S.C.; MAULDIN, J.K. et al. Abundance, distribution, and colony size estimates for *Reticulitermes* spp. (Isoptera: Rhinotermitidae) in Southern Mississippi. **Environmental Entomology**, v.11, n.6, p.1290-1293, 1982.
- IWATA, R.; YOSHIKAWA, T.; YAMADA, F. Inter-individual behaviors in *Reticulitermes speratus* (Kolbe) (Isoptera, Rhinotermitidae). **Termite Abstracts**, v.11, n.4, p. 158-159, 1992.
- JONES, S.C. Delineation of *Heterotermes aureus* (Isoptera: Rhinotermitidae) foraging territories in a Sonoran Desert Grassland. **Environmental Entomology**, v.19, p.1047-1054, 1990.

- JONES, S.C.; LENZ, M. Fenoxycarb- Induced caste differentiation and mortality in *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, v.89, n.4, p. 906-914, 1996.
- JONES, S.C.; TROSSET, M.W.; NUTTING, W.L. Biotic and abiotic influences on foraging of *Heterotermes aureus* (Snyder) (Isoptera: Rhinotermitidae). **Environmental Entomology**, v.16, n.3, p.791-795, 1987.
- KUMARASINGHE, N.C.; RANASINGHE, M.A.S.K. Incidence of termite damage in sugar cane grown in Sri Lanka. **Beitrage zur Tropiden Landwirtschaft und Veterinarmedizin**, v.26, n.3, p.303-307, 1988.
- LEE, K.E.; WOOD, T.G. **Termites and soils**. London: Academic Press, 1971. 251p.
- LOGAN, J.W.M.; ABOOD, F. Laboratory trials on the toxicity of hydramethylnon (Amdro; AC217,300) to *Reticulitermes santonensis* Feytaud (Isoptera: Rhinotermitidae) and *Microtermes lepidus* Sjöstedt (Isoptera: Termitidae). **Bulletin of Entomological Reserch**, v.80, p.19-26, 1990.
- MACEDO, N. Atualização no controle de cupins subterrâneos em cana-de-açúcar. In: BERTI FILHO, E.; FONTES, L.R. **Alguns aspectos atuais da biologia e controle de cupins**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.121-126.
- MARTIUS, C. Perspectivas do controle biológico de cupins (Insecta, Isoptera). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.41, n.2/4, p.179-194, 1998.
- MILLER, L.R. Laboratory testing of sulfluramid against *Mastotermes darwiniensis* Froggatt. Report: 91/14, 11p., 1991.

- MILNER, R.J.; STAPLES, J.A.; LUTTON, G.G. The selection of an isolate of the Hyphomycete Fungus, *Metarhizium anisopliae*, for control of termites in Australia. **Biological Control**, v.11, p.240-247, 1998.
- MYLES, T.G. The trap-treat-release technique for control of subterranean termites. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 19, Beijing, 1992. **Resumos**. Beijing, 1992. p.VIII W-1.
- NOVARETTI, W.R.T. Controle de cupins em cana-de-açúcar através do emprego de inseticidas de solo. **Boletim Técnico Copersucar**, n.38, p.40-44, 1985.
- OSTAFF, D.; GRAY, D.E. Termite (Isoptera) suppression with toxic baits. **Canadian Entomologist**, v. 107, n.12, p.1312-1325, Mar., 1975.
- PATTON, R.; MILLER, L.R. Control of *Mastotermes darwiniensis* Froggatt (Isoptera: Mastotermitidae) with Mirex baits. **Australian Forest Research**, v.10, n.3, p.294-298, 1980.
- PIZANO, M.A.; FONTES, L.R.O. Ocorrência de *Heterotermes tenuis* (Hagen, 1858) e *Heterotermes longiceps* (Snyder, 1924) (Isoptera: Rhinotermitidae) atacando cana-de-açúcar no Brasil. **Brasil Açucareiro**, v. 104, n.3/4, p.29, 1986.
- PLANALSUCAR Coordenadoria Regional Sul. Seção de Entomologia. **Relatório anual 1985**. Araras, 1985. v.III, p. 341-397.
- RAMAKRISHNAN, R.; SUTTER, D.R.; NAKATSU, C.H. et al. Imidacloprid-enhanced *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae) susceptibility to the entomopathogen *Metarhizium anisopliae*. **Journal of Economic Entomology**, v.92, n.5, p.1125-1132, 1999.

- RODRIGUES, M.G.; CALIL, A.C.P.; ALMEIDA, M.M.B. Efeito dos inseticidas Aldrin e Furadan sobre cupim (Isoptera: Rhinotermitidae) em toco enxertado de seringueira (*Hevea* spp) no Estado do Pará. **FCAP**, p.150-157, 1983.
- SCHULTZ, A.M.; GIBBENS, R.P.; DEBANO, L. Artificial populations for teaching and testing range techniques. **Journal of Range Management**, v.14, p.236-242, 1961.
- SILVEIRA NETO, S. Monitoramento e decisão no controle de pragas. In: CROCOMO, W.B. (Org.). **Manejo integrado de pragas**. Botucatu: UNESP, 1990. cap.4, 71-86.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D. et al. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba: Agronômica Ceres., 1976. 419p.
- SOUTHWOOD, T.R.E. **Ecological methods**. London: Chapman & Hall, 1995. 524p.
- SPRAGG, W.T.; FOX, R.E. The use of a radioactive tracer to study the nesting system of *Mastotermes darwiniensis* Froggatt. **Insectes Sociaux**, v.21, n.3, p.309-316, 1974.
- SU, N.Y.; LA FAGE, J.P. Effects of starvation on survival and maintenance of soldier proportion in laboratory groups of the Formosan Subterranean Termite, *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Annals of Entomological Society of America**, v.79, n.2, p.312-316, 1986.
- SU, N.Y.; SCHEFFRAHN, R.H. Intra- and Interspecific competition of the Formosan and Eastern Subterranean Termite: Evidence from field observations (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, v.14, n.1, p.157-164, 1988a.

- SU, N.Y.; SCHEFFRAHN, R.H. Toxicity and feeding deterrancy of a Dihaloalkyl Arylsulfone Biocide, A-9248, against the Formosan Subterranean Termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, v.81, n.3, p.850-854, 1988b.
- SU, N.Y.; SCHEFFRAHN, R.H. Population suppression of subterranean termites by slow-acting toxicants. In: SYMPOSIUM ON CURRENT RESEARCH WOOD-DESTROYING ORGANISMS AND FUTURE PROSPECTS FOR PROTECTING WOOD IN USE, 1., Bend, 1989. **Proceedings**. Berkeley: Pacific Southwest Research Station, 1991. p.51-57.
- SU, N.Y.; SCHEFFRAHN, R.H. Laboratory evaluation of two chitin synthesis inhibitors, hexaflumuron and diflubenzuron, as bait toxicants against Formosan and Eastern Subterranean Termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, v.86, n.5, p.1-5, 1993.
- SU, N.Y.; BAN, P. M; SCHEFFRAHN, R.H. Foraging populations and territories of the eastern subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in Southeastern Florida. **Environmental Entomology**, v.22, n.5, p.1113-1117, 1993.
- SU, N.Y.; SCHEFFRAHN, R.H.; BAN, P.M. Effects of sulfluramid- treated bait blocks on field colonies of the Formosan Subterranean Termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, v.88, n.5, p.1343-1348, 1995.
- SU, N.Y.; TAMASHIRO, M.; HAVERTY, M.I. Effects of three insect growth regulators, feeding substrates, and colony origin on survival and presoldier production of the Formosan Subterranean Termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, v.78, n.6, p.1259-1263, December 1985.

- SU, N.Y.; TAMASHIRO, M.; YATES, J.R. et al. Effect of behavior on the insecticides for prevention of or remedial control of the Fomosan Subterranean termite. **Journal of Economic Entomology**, v.75, n.2, p.188-193, Apr.1982.
- SU, N.Y.; TOKORO, M.; SCHEFFRAHN, R.H. Estimating oral toxicity of slow-acting toxicants against subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, v.87, n.2, p.399-401, Apr. 1994.
- THORNE, B.L.; RUSSEK-COHEN, E.; FORSCHLER, B.T. et al. Evaluation of mark-release-recapture methods for estimating forager population size of subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) colonies. **Environmental Entomology**, v.25, n.5, p.938-951, 1996.
- TSUNODA, K.; MATSUOKA, H.; YOSHIMURA, T. Colony elimination of *Reticulitermes speratus* (Isoptera: Rhinotermitidae) by bait application and the effect on foraging territory. **Journal of Economic Entomology**, v.91, n.6, p.1383-1386, 1998.
- TSUNODA, K.; MATSUOKA, H.; YOSHIMURA, T. et al. Foraging populations and territories of *Reticulitermes speratus* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, v.92, n.3, p.604-609, 1999.
- VAN DER LINDE, T.C.K.; HEWITT, P.H.; VAN DER WESTHUIZEN, M.C. et al. The use of ¹³¹I, ¹²⁵I and aggressive behavior to determine the foraging area of *Hodotermes mossambicus* (Hagen) (Isoptera: Hodotermitidae). **Bulletin of Entological Research**, v.79, p.537-544, 1989.
- WATSON, J.A.L.; GAY, F.J. Isoptera (Termites). In: NAUMANN, I.D.(Ed.). **Systematic and Applied Entomology: An Introduction**. Australia: Melbourne University Press, 1994. cap.20, 271-278.

WILLIAMS, O. L. Some factors limiting the distribution of termites. In: KOFOID, C.A. **Termites and termites control**. Berkeley: University of California Press, 1934. p.42-49.