

**SELEÇÃO DE INGREDIENTES ATIVOS PARA O CONTROLE
DO CUPIM SUBTERRÂNEO *Coptotermes gestroi*
(ISOPTERA: RHINOTERMITIDAE)**

FABIANA ELAINE CASARIN

Tese apresentada ao Instituto de
Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”, Campus de Rio Claro, para a
obtenção do título de Doutor em
Ciências Biológicas (Área de
Concentração: Zoologia).

**Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
Agosto - 2007**

**SELEÇÃO DE INGREDIENTES ATIVOS PARA O CONTROLE
DO CUPIM SUBTERRÂNEO *Coptotermes gestroi*
(ISOPTERA: RHINOTERMITIDAE)**

FABIANA ELAINE CASARIN

**Orientador: Profa. Dra. Ana Maria Costa Leonardo
Co-orientador: Prof. Dr. Odair Correa Bueno**

Tese apresentada ao Instituto de
Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”, Campus de Rio Claro, para a
obtenção do título de Doutor em
Ciências Biológicas (Área de
Concentração: Zoologia).

**Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
Agosto - 2007**

Ao Rodrigo, por todo seu
carinho, companheirismo,
incentivo e auxílio durante
todos esses anos.

Aos meus pais, Tereza C. Casarin
e Francisco C. Casarin (*in
memorian*) pelo amor
incondicional, compreensão e
auxílio durante todos esses anos
que me permitiram chegar a
mais um dos meus objetivos, aos
meus irmãos, e ao meu sobrinho,
pelo carinho constante.

Dedico este trabalho!!!

AGRADECIMENTOS

À prof^a. Dr^a. Ana Maria Costa Leonardo pela orientação, incentivo e amizade durante esses oito anos de convivência e aprendizado. Obrigada por me ensinar a amar a pesquisa e os cupins!!!

Ao prof^o. Dr^o. Odair Correa Bueno pela orientação, auxílio e amizade durante todo o meu trabalho de doutorado.

À minha família por todo carinho, incentivo e, principalmente, paciência na conclusão de mais uma etapa da minha vida.

Ao prof^o Dr^o. Marcos A. Pizano, pela dedicação na leitura e correção dos meus relatórios.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao meu grande amigo e ajudante Romualdo, por toda a ajuda na coleta dos cupins, durante a montagem dos experimentos e, principalmente, pela ajuda e companhia nos dias em que ficávamos até depois do expediente fazendo os bioensaios. Obrigada!!!

Ao Departamento de Biologia do Instituto de Biociências da UNESP de Rio Claro, pela utilização dos laboratórios e equipamentos, a todos os professores, e em especial aos funcionários Lucila, Neuza, Gerson, Antônio e Mônica pelo auxílio e convivência.

Ao Centro de Estudos de Insetos Sociais (CEIS), pela utilização dos laboratórios e equipamentos.

À Necis e ao Prof^o. Osmar pelo auxílio em muitos momentos, principalmente, na compra de materiais.

À Itamar C. Reiss, por todo seu auxílio e carinho durante a realização desse trabalho.

Ao desenhista Cristiane M. Miléo, por toda a ajuda técnica e carinho na elaboração das plantas.

Ao amigo Carlos Massuretti, pelo carinho e auxílio nas fotos sob lupa.

Ao prof^o. Dr^o. José Chaud Netto, por todo o carinho e auxílio.

Ao profº Drº. Antônio Carlos S. Pião, pelo grande auxílio nos cálculos estatísticos.

Aos colegas de trabalho João, Célia, Ricardo, Ives, Fábio, Juliana, Érica por toda ajuda, carinho e companheirismo.

Aos colegas do Biotério, Sérgio, Érico, Sr. Nozor pelo carinho e muitas vezes pela ajuda durante a realização desse trabalho.

Às minhas queridas “irmãs” e companheiras de república Eliana e Maria Luiza, por todo o carinho e compreensão durante todos esses anos. Que nossa amizade seja eterna!!!

À minha mais nova e antiga amiga Ari, obrigada por seu carinho e paciência comigo, principalmente, nesse último ano. E muito obrigada por me abrigar nessa fase “difícil” da minha vida.

À Julieta, por todo carinho e pelo abrigo desse último mês.

À Ana Carolina, pela convivência e carinho.

As minhas amigas Daniela, Andrezza, Maria Fernanda e Milena por todo carinho e amizade.

À minha mais leal e companheira amiga, Hanna, companheira de todos os dias e, principalmente, de todos os finais de semanas solitários que passamos juntas trabalhando em Rio Claro.

E, finalmente, a todas as pessoas que de alguma forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho, obrigada!!!

ÍNDICE

	Página
1. RESUMO	01
2. ABSTRACT	03
3. INTRODUÇÃO	05
4. REVISÃO DE LITERATURA	08
4.1 Características da Ordem Isoptera.....	08
4.2 O cupim subterrâneo: <i>C. gestroi</i>	09
4.2.1. Castas.....	11
4.2.2. Características do ninho de <i>C. gestroi</i>	13
4.3 Principais métodos de controle para cupins subterrâneos.....	13
4.3.1. Barreira Química.....	14
4.3.2. Barreira Física.....	15
4.3.3. Isca.....	15
4.4 Ingredientes ativos da metodologia de Isca.....	18
4.4.1. Agentes de controle biológico	18
4.4.2. Inibidores Metabólicos.....	19
4.4.3. Hormônios Reguladores de Crescimento de Insetos (IGRs).....	23
→ Juvenóides.....	23
→ Inibidores de Síntese de Quitina.....	25
4.4.4. Agente neurotóxico.....	27
4.5 Estimativa do tamanho da população de forrageiros e do território de forrageamento de cupins.....	29
5. MATERIAL E MÉTODOS	34
5.1. Testes de Laboratório.....	34
5.1.1. Coleta dos cupins utilizados em laboratório.....	34
5.1.2. Ingredientes ativos.....	34
5.1.3. Preparação das soluções com ingredientes ativos.....	37
5.1.4. Avaliação do consumo.....	39
5.1.5. Experimento 1 – “Escolha prévia das concentrações com efeito termiticida”.....	39
5.1.6. Experimento 2 – “Escolha das concentrações ideais entre as selecionadas previamente”.....	40
5.1.7. Análise dos dados.....	41

5.1.8. Análise morfológica.....	42
5.2. Testes de Campo.....	43
5.2.1. Local de estudo e monitoramento das colônias de campo.....	43
5.2.2. Protocolo de marcação e recaptura.....	44
5.2.3. Cálculo da estimativa do tamanho da população.....	46
5.2.4. Avaliação de alguns princípios ativos para o controle do cupim subterrâneo <i>Coptotermes gestroi</i>	48
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
6.1. Testes de Laboratório.....	54
6.1.1. Tratamento com o ingrediente ativo sulfluramida.....	54
6.1.2. Tratamento com o ingrediente ativo hidrametilnona.....	65
6.1.3. Tratamento com o ingrediente ativo ciromazina.....	75
6.1.4. Tratamento com o ingrediente ativo piriproxifen.....	85
6.1.5. Tratamento com o ingrediente ativo fipronil.....	99
6.1.6. Tratamento com o ingrediente ativo ácido bórico.....	107
6.2. Testes de Campo.....	116
6.2.1. Estimativa do tamanho da população de forrageiros e do território de forrageamento das colônias de <i>Coptotermes gestroi</i> e de <i>Heterotermes tenuis</i>	116
6.2.2. Controle de <i>Coptotermes gestroi</i> e <i>Heterotermes tenuis</i> com iscas impregnadas com os ingredientes ativos em três áreas de estudo.....	133
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	146
8. LITERATURA CITADA.....	148

1. RESUMO

O cupim exótico *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896) é a principal praga responsável por danos econômicos nas áreas urbanas da região sudeste do Brasil. No presente estudo foram realizados testes laboratoriais e de campo para avaliar a eficiência dos ingredientes ativos sulfluramida, hidrametilnona, ácido bórico, fipronil, piriproxifen e ciromazina para uso em iscas de controle desse cupim. Inicialmente, foram realizados experimentos em placas de Petri com o objetivo de selecionar as melhores concentrações de baixa toxicidade e que não fossem repelentes ou inibissem a alimentação dos cupins. As concentrações selecionadas foram usadas em uma segunda etapa de testes, nos quais foram utilizados um número maior de cupins. Os experimentos laboratoriais permitiram a seleção das seguintes concentrações para testes em campo: 0,01 ppm de sulfluramida; 200 ppm de hidrametilnona; entre 12.500 e 15.000 ppm de ciromazina; entre 1.000 e 12.500 ppm de piriproxifen; entre 3.000 e 2.000 ppm de ácido bórico. Somente, o ingrediente ativo fipronil não se mostrou adequado para uso em isca, devido à alta mortalidade obtida em todos os experimentos. Previamente aos testes de campo, foram estimados os territórios e as populações forrageiras das colônias de *C. gestroi* das áreas escolhidas. Os resultados de campo obtidos para *C. gestroi* nas áreas I (P.S.), II (L.U.) e III (S.O.R.) mostraram que não ocorreu nenhuma repelência ou inibição do consumo do papelão impregnado com os princípios ativos sulfluramida à 0,1 ppm, hidrametilnona à 400 ppm e ciromazina à 15.000 ppm.

Contudo, o número de iscas e as concentrações utilizadas destes produtos não foram suficientes para eliminar nenhuma das colônias estudadas. Os resultados também sugerem que, em colônias naturais, as diferentes fontes alimentares exploradas pelos cupins subterrâneos e a competição, neste caso com a espécie nativa *Heterotermes tenuis*, devem ter influenciado o sucesso do controle.

Palavras-chaves: isca, cupim subterrâneo, *Coptotermes gestroi*, Isoptera, população de forrageamento, território de forrageamento, controle da população.

2. ABSTRACT

The subterranean termite *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896) is a pest of major economic importance in the urban environments of southeastern Brazil. In this study, we performed laboratory and field experiments to evaluate the efficacy of sulfluramid, hydramethylnon, boric acid, fipronil, pyriproxyfen and cyromazine as active ingredients in bait. In the first experiment, we tested different concentrations of these active ingredients in Petri dishes, searching for the best slow-acting and non-repellent concentrations for this termite. Concentrations selected from the initial experiment were used in a second laboratory experiment using a large number of individuals. From the results of this second experiment we selected the following concentrations to be field-tested: 0.01 ppm of sulfluramid; 200 ppm of hydramethylnon; between 12,500 and 15,000 ppm of cyromazine; between 1,000 and 12,500 ppm of pyriproxyfen; between 3,000 and 2,000 ppm of boric acid. The data displayed a fast mortality of termites exposed to fipronil, even in small concentrations, therefore demonstrating that it is not a suitable chemical to be used in baits against *C. gestroi*. For field experiments, we estimated population and territory size from three colonies of *C. gestroi* present at the experimental site. Field results showed no repellence for site I (P.S.), II (L.U.) and III (S.O.R.) using sulfluramid 0.1 ppm, hydramethylnon 400 ppm, and cyromazine 15,000 ppm. However, the number of baited used at the selected concentrations were not sufficient to totally eliminate the colonies. This result suggests that, in natural

colonies of subterranean termites, different food resources and competition, in this case with the native species *Heterotermes tenuis*, could influence the success of the control programs.

Key words: termite bait, subterranean termites, *Coptotermes gestroi*, Isoptera, foraging population, foraging territory, population control.

3. INTRODUÇÃO

O impacto ambiental provocado pelo processo de urbanização, ao mesmo tempo em que provoca a erradicação de muitas espécies de cupins favorece a instalação e o crescimento de algumas outras espécies, conhecidas como sinantrópicas, as quais, muitas vezes, acabam sendo tornando pragas importantes em áreas urbanas (EDWARDS & MILL, 1986; MILANO, 1998).

Atualmente, o cupim subterrâneo *Coptotermes gestroi* (Rhinotermitidae) é a principal praga responsável por grandes danos econômicos nas áreas urbanas da região sudeste do Brasil, principalmente nas cidades de São Paulo e Rio Janeiro (COSTA-LEONARDO, 2002; LELIS, 1994). Somente na cidade de São Paulo, as perdas com tratamentos, reparos e substituições de peças atacadas variam de US\$ 10 a 20 milhões anuais (MILANO & FONTES, 2002). O custo envolvido no controle de cupins subterrâneos nas edificações da cidade de São Paulo avaliadas pelo IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológico) em 2005 foi de R\$ 7,9 milhões, considerando as etapas de inspeção e/ou tratamento químico (ROMAGNANO & NAHUZ, 2006).

O tratamento do solo por inseticidas é uma das formas mais utilizadas no controle de cupins subterrâneos, embora esse tipo de tratamento não elimine a colônia e apenas funcione como uma barreira química entre a área construída e os cupins (SU & SCHEFFRAHN, 1988a). Essa barreira química também não evita que cupins alados infestem prédios na época de revoada, nas chamadas infestações aéreas, construindo seus ninhos em caixões

perdidos, e espaços vazios, os quais normalmente, estão preenchidos com restos de madeira e sobras celulósicas da construção. Estes espaços constituem o ambiente ideal para ninhos desses cupins, com pouca luminosidade, muito alimento e um certo grau de umidade.

Atualmente, as empresas de controle de pragas têm utilizado vários inseticidas disponíveis no mercado e aprovados pela Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) para o controle de cupins. Os grupos químicos disponíveis para o controle de cupins podem ser repelentes, como os piretróides, ou não repelentes, como o fenil pirazol (fipronil). Contudo, o despejo de grandes quantidades desses inseticidas em ambientes urbanos tem sido motivo de preocupação pública, pois seu uso freqüente e em grande quantidade causa sérios problemas de contaminação ambiental (HRDY *et al.*, 2001).

Uma estratégia moderna e alternativa para o controle de cupins subterrâneos é o uso de iscas. Um aspecto bastante relevante nessa metodologia é a ínfima quantidade de inseticida empregado nesse tipo de tratamento, quando comparada às aplicações convencionais de termiticidas, onde enorme quantidade de substâncias químicas são aplicadas diretamente no solo. Além de uma quantidade mínima de toxina, as porções não consumidas das iscas podem ser removidas depois do tratamento, deixando a área livre dos produtos tóxicos utilizados (COSTA-LEONARDO & THORNE, 1995). Por outro lado, os consumidores estão mais conscientes da preservação ambiental e têm requisitado junto às empresas de controle de pragas o uso de produtos menos tóxicos e mais eficientes.

Até o presente, muito do que se tem escrito e falado sobre os cupins subterrâneos no Brasil é fruto da importação e generalização de informações vindas do exterior, freqüentemente relativas a espécies de cupins que não ocorrem no Brasil. Muitas destas informações são úteis e válidas e outras não correspondem à nossa realidade e, às vezes, adotá-las pode nos induzir a erros (MILANO, 1998).

As informações resultantes deste trabalho poderão contribuir para o aprimoramento das técnicas de monitoramento e controle desses insetos em

ambientes urbanos. Apesar dos prejuízos causados por cupins subterrâneos no sudeste do país, o controle é realizado sem o conhecimento básico da biologia das espécies que ocorrem na região, sendo que as técnicas de controle utilizadas nem sempre são as mais adequadas para essas espécies. Além disso, o conhecimento dos territórios de forrageamento das colônias tornará mais eficaz a captura desses insetos, contribuindo para a aplicação de uma metodologia de controle que ocasione menos impacto ambiental

Considerando também que não existe no mercado brasileiro uma isca desenvolvida para o controle do cupim subterrâneo *C. gestroi*, uma vez que as iscas comercializadas são na maioria importadas, passa a ser de suma importância a análise de substâncias que possam atuar no controle de espécies-praga encontradas no Brasil. Desta forma, as investigações sobre o controle do cupim subterrâneo *C. gestroi* foram realizadas para atender aos seguintes objetivos:

- Avaliar por meio de bioensaios em placa de Petri (experimento 1), a eficiência de alguns ingredientes ativos incorporados em iscas, em várias concentrações, para o controle do cupim subterrâneo *C. gestroi*. Para tal, foram usados os seguintes grupos de ingredientes ativos: três inibidores metabólicos representados pela sulfluramida, hidrametilnona e ácido bórico, um mimético do hormônio juvenil, representado pelo piriproxifen, um inibidor de síntese de quitina, representado pela ciromazina e, um neurotóxico, representado pelo fipronil.
- Determinar as menores concentrações tóxicas, de cada inseticida, em uma segunda avaliação (experimento 2), com um maior número de cupins.
- Testar em campo os três ingredientes ativos que obtiveram os melhores resultados em laboratório. Para tanto, procedeu-se a estimativa dos parâmetros demográficos de colônias de *C. gestroi* em três áreas urbanas de Rio Claro, SP.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Características da Ordem Isoptera

A Ordem Isoptera engloba indivíduos conhecidos como cupins, térmitas ou térmites. Os cupins diferem dos outros insetos sociais por apresentarem castas de ambos os sexos, serem ambos os sexos diplóides, apresentarem desenvolvimento hemimetábolo e os ínstaes jovens participarem do trabalho colonial (KRISHNA, 1969; COSTA-LEONARDO, 2002).

Os térmitas são invertebrados dominantes nos ambientes terrestres tropicais e estão espalhados desde as florestas úmidas até as savanas, sendo encontrados até mesmo em regiões áridas (LEE & WOOD, 1971; COSTA-LEONARDO, 2002). Os cupins abrangem 2.858 espécies descritas no mundo, das quais aproximadamente 308 espécies, pertencentes às famílias Kalotermitidae (26 espécies), Serritermitidae (2 espécies), Rhinotermitidae (12 espécies) e Termitidae (268 espécies), ocorrem no Brasil (CONSTANTINO, 2007). Os cupins são mais conhecidos pelo seu potencial como praga, apesar destes corresponderem a cerca de 83 espécies pragas no mundo. No Brasil, existem aproximadamente 28 espécies de cupins-praga, sendo 12 espécies agrícolas e 21 espécies urbanas, segundo CONSTANTINO (2007).

Uma grande variedade de material orgânico pode servir de alimento para os cupins, incluindo madeira (viva ou morta), gramíneas, plantas herbáceas,

fungos e excrementos de animais (LEE & WOOD, 1971; COSTA-LEONARDO, 2002). Nos ecossistemas naturais, os cupins ocupam a posição de consumidores primários (herbívoros e detritívoros), pois atuam na trituração, decomposição, humificação e mineralização de uma variedade de materiais celulósicos. Pelo fato de agirem na decomposição da celulose, os térmitas mantêm um papel importante na reciclagem de nutrientes. O papel ecológico dos térmitas no ambiente é primordial, visto que participam ativamente da decomposição e reciclagem de nutrientes nos sistemas naturais (COSTA-LEONARDO, 2002).

Os cupins consomem grandes quantidades de material vegetal morto nos ecossistemas tropicais terrestres e são consumidos por uma grande variedade de animais, tais como formigas, aranhas, pássaros e mamíferos, contribuindo para a formação da base de uma grande cadeia alimentar. Dessa forma, os cupins desempenham um papel primordial na maioria dos ecossistemas tropicais, tanto devido às suas atividades de consumidores primários como de decompositores de materiais vegetais (COSTA-LEONARDO, 2002).

Apesar da grande utilidade dos cupins em ambientes naturais e do grande interesse despertado para o estudo de suas particularidades biológicas, deve-se, por outro lado, considerar o prejuízo de muitos milhões de reais causados anualmente pelos cupins no Brasil, principalmente na região sudeste (COSTA-LEONARDO, 2002).

4.2. O cupim subterrâneo, *Coptotermes gestroi*

O gênero *Coptotermes* (família Rhinotermitidae) está distribuído em todas as regiões do mundo (PEARCE & WAITE, 1994) e engloba 76 espécies descritas (CONSTANTINO, 2007), as quais atacam estruturas de madeira e/ou árvores vivas (WANG & GRACE, 1999).

Coptotermes gestroi é originário do Oriente, nativo do sudeste da Ásia e Indonésia. Atualmente, essa espécie é encontrada na Malásia, Java, Tailândia,

Sri Lanka, Brasil, Cuba, Jamaica, Ilha Turke, Ilhas Caicos, Ilhas Cayman, Antigua, Barbados, Estados Unidos, Porto Rico, México, Paraguai, Taiti, África do Sul, Gana, Madagascar, Ilhas Maurício, La Reunion e Seychelles (SU *et al.*, 1997; FONTES & MILANO, 2002; COSTA-LEONARDO, 2002).

A referida espécie foi identificada pela primeira vez na América do Sul por Lima (1939, como *Coptotermes vastator* Light *apud* MILANO & FONTES, 2002), no Rio de Janeiro, Brasil. Posteriormente, Araújo em 1958 registrou que espécimes de *C. gestroi* foram primeiro coletados nas cidades portuárias do Rio de Janeiro (RJ) em 1923 e em Santos (SP) em 1934. Contudo, Araújo descreveu que “...no Rio de Janeiro em 1923, ... na época das revoadas, a quantidade de aleluias em vôo assumia o aspecto de grandes nuvens ao longo de ruas inteiras” (MILANO & FONTES, 2002). Portanto, a espécie foi claramente introduzida em décadas anteriores, pois essa espécie só revoa quando a colônia está madura.

A partir da década de 1980, a espécie *C. gestroi* passou a ser encontrada, tanto nos arredores das cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, como também se dispersando em direção às cidades do oeste do país (FONTES & VEIGA, 1998).

Na região sudeste, *C. gestroi* causa danos nas cidades do Rio de Janeiro, Niterói, Cabo Frio, Seropédica, Santos, São Vicente, Guarujá, São Paulo, Campinas, Piracicaba, Rio Claro, Limeira, Porto Ferreira, Ribeirão Preto, Taubaté e Jacareí. Além disso, novos focos dessa espécie foram encontrados nos estados de Pernambuco (FONTES & VEIGA, 1998), Pará e Bahia (FERRAZ, 2000), Ceará, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina (CONSTANTINO, 2002; COSTA-LEONARDO, 2002; FONTES & MILANO, 2002), sendo que no Brasil *C. gestroi* nunca foi encontrado na região rural (COSTA-LEONARDO *et al.*, 1999; FERRAZ, 2000; MILANO & FONTES, 2002). Na América do Sul, além do Brasil, essa espécie só foi encontrada em Assunção, no Paraguai, em 1998 (FONTES & MILANO, 2002). Na cidade de Rio Claro (SP), essa espécie está estabelecida há mais de trinta anos, sendo que já causava prejuízos na região central da cidade por volta de 1970 (COSTA-LEONARDO, 2002).

Até pouco tempo atrás *C. gestroi* era identificado, no Brasil e em outras regiões das Américas, como *Coptotermes havilandi*. Contudo, depois da revisão de Kirton & Brown (2003), *C. havilandi* foi considerada sinonímia júnior de *C. gestroi*.

O alimento dos cupins é extremamente diverso, sendo constituído principalmente por materiais de origem celulósica (NOIROT, 1969). No entanto, para a busca por alimentos, uma ampla variedade de materiais têm sido danificados por *C. gestroi*, tais como madeira das estruturas, papel, papelão, cabos elétricos e telefônicos, plásticos, reboco, couro, tecidos, isopor, metal, borracha, betume, gesso e árvores vivas (COSTA-LEONARDO *et al.*, 1999; FONTES, 1995; COSTA-LEONARDO, 2002).

As madeiras que são infestadas mais seriamente são as mais moles, como o *Pinus*, mas esse cupim já foi encontrado consumindo madeiras mais resistentes como taco de peroba, que é considerado uma madeira nobre. Como relatado, *C. gestroi* também infesta árvores vivas em áreas urbanas da região sudeste de São Paulo. Como os cupins atacam principalmente o cerne das árvores, essas freqüentemente mantêm uma aparência saudável, até tombarem após uma tempestade, colocando em perigo a vida das pessoas e bens materiais, como carros e casas (COSTA-LEONARDO, 2002). O custo do tratamento de controle de cupins em 240 edificações monitoradas na cidade de São Paulo, infestadas principalmente por *C. gestroi*, foi estimado em US\$ 3,350,000.00 (LELIS, 1994).

4.2.1. Castas

Similar às abelhas e a maioria das formigas (Hymenoptera), as atividades na sociedade dos cupins são divididas entre as castas especializadas ao trabalho que desempenham. Há basicamente três castas: operários, soldados e reprodutores (WILSON, 1971). Entre os Isoptera, os operários e soldados são castas neutras, por serem estéreis, podendo ser machos ou fêmeas, dependendo da espécie.

Os reprodutores estão geralmente representados pelo casal real (rei e rainha). O rei sempre permanece ao lado da rainha e a fecundação ocorre intermitentemente durante a vida desses reprodutores. A rainha torna-se fisogástrica e coloca muitos ovos, como é o caso dos cupins subterrâneos *C. gestroi* e *H. tenuis*, nos quais a densidade populacional da colônia é muito alta (SU & SCHEFFRAHN, 1993a; COSTA-LEONARDO & CAMARGO-DIETRICH, 1999).

Os alados são destinados à reprodução. Possuem dois pares de asas membranosas, úteis apenas ao vôo de dispersão, um fenômeno denominado revoada ou enxameamento, e eliminadas logo após o pouso do inseto (COSTA-LEONARDO & CAMARGO-DIETRICH, 1999). Os reprodutores apresentam o corpo bastante pigmentado, olhos compostos e são os fundadores de novas colônias (BARSOTTI, 2001).

A casta dos operários é a mais numerosa da colônia, incumbidos de todas as funções rotineiras, como: obtenção do alimento, construção, reparação, expansão e limpeza do ninho e túneis a ele associados, eliminação de indivíduos mortos, cuidados com a prole, soldados e reprodutores, incluindo fornecimento de alimento a esses indivíduos, além de atuarem na defesa do seu território (COSTA-LEONARDO, 2002). Essa casta compõe um elo importante no complexo fenômeno da regulação social da comunidade, por meio do processo de trofalaxia, ou seja, ao serem requisitados, os operários podem regurgitar o alimento (alimento estomodeal), oferecer secreção salivar ou fornecer uma gota de fluido fecal (alimento proctodeal). Essas substâncias, além do valor nutritivo, transportam feromônios reguladores do desenvolvimento social da colônia, e protozoários simbiotes essenciais para a digestão da celulose (FONTES & ARAÚJO, 1999).

A casta dos soldados é responsável pela defesa do ninho e proteção dos operários durante a coleta de alimentos. Os soldados de *C. gestroi* são numerosos na colônia, possuem cabeças em tons de alaranjado e mandíbulas alongadas. A defesa do soldado de Isoptera pode ser física, química, ou ambas, como no caso de *C. gestroi* que, quando ameaçado, libera pela

fontanela (um orifício à frente da cabeça) uma volumosa secreção esbranquiçada e viscosa (COSTA-LEONARDO, 2002).

4.2.2. Características do ninho de *C. gestroi*

Os cupins da família Rhinotermitidae são conhecidos como cupins subterrâneos porque geralmente constroem seus ninhos sob o solo. Os ninhos de *C. gestroi* são do tipo cartonado e podem ser encontrados também em espaços ocultos nas construções. Esses locais geralmente são escuros e sem ventilação, proporcionando aos cupins a temperatura e umidade necessária para o desenvolvimento da colônia. Os cupins forrageiros constroem túneis que partem dos ninhos e percorrem uma infinidade de espaços e frestas nas construções (BARSOTTI, 2001). Além disso, árvores ornamentais constituem excelente reservatório urbano desse cupim, por abrigarem muitos indivíduos no interior de tronco e raízes (FONTES & ARAUJO, 1999; BARSOTTI, 2001).

C. gestroi constrói um ninho principal, no qual está presente o par real e um ou mais ninhos secundários, sendo que esses podem estar dentro do território de forrageamento. Assim, o ninho principal desse cupim, pode estar conectado a um ou vários ninhos secundários através de túneis. Esse tipo de colônia recebe o nome de policálica ou composta (FONTES, 1996; BARSOTTI, 2001). A localização do ninho permite classificar as colônias de *C. gestroi* em aéreas e subterrâneas. As aéreas encontram-se na estrutura das construções, sem contato com o solo e as subterrâneas estão no solo (COSTA-LEONARDO *et al.*, 1999).

4.3. Principais métodos de controle para cupins subterrâneos

O controle de cupins é uma prática diferenciada das usualmente aplicadas em outros insetos-praga, porque eles são insetos sociais. A eliminação de uma parte da colônia, muitas vezes não é suficiente para

extingui-la, porque as partes restantes podem se recuperar e continuar a infestação. Para o sucesso do controle, a maior parte da colônia precisa ser eliminada, principalmente a rainha (MARTIUS, 1998).

A eliminação das infestações por cupins subterrâneos na área urbana é, na atualidade, um dos maiores desafios em controle de pragas. As intervenções são dispendiosas e acarretam transtorno direto aos usuários da área, além de risco de contaminação de pessoas e do ambiente, por inseticidas de longa ação residual (MILANO & FONTES, 2002).

Os métodos atuais de controle dos cupins subterrâneos visam proteger as estruturas e inclui barreiras físicas e químicas, tratamento da madeira e controle de população através de iscas (SU & SCHEFFRAHN, 2000; COSTA-LEONARDO, 2002).

4.3.1. Barreira química

Uma barreira química consiste na injeção de inseticidas líquidos em perfurações realizadas ao redor das residências. A barreira química só é pertinente quando existe certeza que o lençol freático ou outro curso de água não será contaminado. O tratamento do solo por inseticida é utilizado por firmas comerciais de controle de cupins e tem por objetivo excluir esses insetos e proteger a edificação. Apesar de não ser prática comum no Brasil, a barreira química preventiva consiste na aplicação de inseticidas no solo ao longo das fundações. Contudo, essa barreira não previne infestações aéreas de cupins subterrâneos (COSTA-LEONARDO, 2002).

A barreira química curativa tem sido uma das técnicas mais usadas em áreas urbanas, com alta infestação de colônias subterrâneas de *C. gestroi*, no Estado de São Paulo. Atualmente, as empresas de controle de pragas no Brasil têm utilizado inseticidas piretróides como barreira química nas edificações. Embora as barreiras químicas tenham uma duração limitada, de acordo com SU & SCHEFFRAHN (1998), esses cupinidas líquidos ainda têm um papel

vital nos tratamentos curativos, pois a sua aplicação provoca um efeito imediato nas atividades dos cupins (COSTA-LEONARDO, 2002).

4.3.2. Barreira física

As barreiras físicas excluem os cupins das edificações por meio da utilização de materiais impenetráveis (EWART, 2001; COSTA-LEONARDO, 2002). Essas barreiras podem ser constituídas por partículas uniformes (areia, vidro moído, basalto, etc.) ou por telas de aço inoxidável. As partículas consistem de grãos de areia grande demais para serem movimentados pelos cupins, ou muito pequeno, o que impede que esses insetos penetrem entre eles. Essas barreiras são mais efetivas se colocadas durante a construção do prédio residencial. Na Austrália existe até uma combinação de barreira química e física na qual lâminas de um material sintético são impregnadas com inseticidas (LENZ *et al.*, 1998; COSTA-LEONARDO, 2002). No Brasil, o sucesso da barreira física vai depender de sua adoção pelos profissionais da construção e da disposição dos usuários em pagarem por um custo extra (COSTA-LEONARDO, 2002).

4.3.3. Isca

Kofoed (1934) e Snyder (1935) foram pioneiros em escrever sobre métodos para o controle de cupins, anterior à era dos organoclorados sintéticos, os quais foram introduzidos na década de 40. Durante esse período inicial, grande ênfase foi dada aos cuidados na construção e preservação da madeira, como forma de evitar problemas posteriores com cupins (MYLES, 1996). Snyder (1935) recomendou, como controle preventivo, que as construções substituíssem as bases de madeira por concreto ou madeira tratada. Além disso, indicou o uso de creosoto misturado com óleo de querosene para proteção da madeira. Alguns inseticidas de solo foram testados

por Snyder, como por exemplo, ortodichlorobenzene, mas sem resultados promissores (MYLES, 1996).

Na década de 1960, Esenther *et al.* (1961) propuseram que a madeira deteriorada impregnada com inseticida poderia ser usada no controle de cupins subterrâneos. Mais tarde, Esenther & Coppel (1964) indicaram que o controle de uma colônia de cupim poderia ser realizado se os cupins forrageiros se alimentassem de blocos de madeira deteriorada impregnado com uma substância química de ação lenta.

O dodecacloro (Mirex), um tóxico de ação lenta e não repelente aos insetos, foi um dos primeiros inseticidas incorporados em iscas para o controle do cupim subterrâneo *Reticulitermes flavipes* (Kollar) (ESENTHER & GRAY, 1968). Esses dois pesquisadores usaram iscas impregnadas com dodecacloro, em testes de campo, para o controle de uma colônia, e posteriormente trocaram por estacas de madeiras como controle, e observaram que o consumo dos cupins diminuiu após o uso do inseticida. Mais tarde, Esenther & Beal (1974) obtiveram sucesso semelhante em testes de campo com o uso de iscas impregnadas com o mesmo ingrediente ativo.

Estudos subseqüentes, utilizando iscas tóxicas, contendo dodecacloro, para o controle de cupins tornaram-se alvo de sucessivas publicações científicas (OSTAFF & GRAY, 1975). Esta metodologia foi aplicada a outras regiões dos Estados Unidos, como Connecticut (BEARD, 1974) e Flórida (JONES, 1989) e a outros países como China (GAO, 1987) e Austrália (PATON & MILLER, 1980; FRENCH, 1991). Porém, o dodecacloro e compostos semelhantes, como o DDT (dicloro-difenil-tricloroetano), pertencentes ao grupo dos organoclorados foram banidos dos Estados Unidos em 1972, o dieldrin em 1974, o BHC (hexaclobenzeno) em 1978, o aldrin em 1987, e o clordane em 1989, devido a grande persistência e estabilidade em ambientes naturais, toxicidade inespecífica e bioacumulação nas cadeias alimentares (WATERS *et al.*, 1977; WILCKEN & RAETANO, 1995; MYLES, 1996; SBEGHEN, 2001). No Brasil, a proibição do uso dos inseticidas organoclorados foi estabelecida em 1985 (MILANO & FONTES, 2002). Porém, encontra-se ainda circulando no comércio brasileiro: dodecacloro (Mirex), heptacloro (Biarbinex 400 CE, hepta

50, Madefour), endosulfan (Thiodan), dicofol, e outros (produtos disponíveis na rede de internet). Os fatos relatados acima induziram uma busca, em escala mundial, por novas técnicas de manejo ou de utilização de agentes de controle alternativos, com efeitos mais específicos e menos nocivos ao ambiente (MARTIUS, 1998). Desde então, há grande interesse no uso de tóxicos de ação lenta que eliminem as populações de cupins subterrâneos sem causar danos ao ambiente. Como sugerido por Beard (1974), tóxicos de ação lenta precisam ser introduzidos dentro do sistema de galerias dos cupins e, posteriormente, serem transferidos para os outros indivíduos da colônia via trofalaxia (troca de alimento) e “grooming” (limpeza entre membros da colônia).

Nas iscas, o ingrediente ativo é incorporado a substratos que contenham celulose, tais como blocos de madeira, papelão ou papel. O ingrediente ativo de uma isca não pode ser repelente e precisa ter uma ação lenta. Um aspecto bastante relevante no uso de iscas para cupins é a pequena quantidade de inseticida usada nesse tipo de tratamento, entre 2,5 a 5 gramas de ingrediente ativo por edificação. Diferente das aplicações convencionais de inseticidas, utilizadas na barreira química, onde é consumido cerca de 5 kg de um determinado produto químico, o qual irá persistir no ambiente por, no mínimo, dois anos. Desta forma, a tecnologia de isca ajuda na preservação do meio ambiente, pois as porções não consumidas das iscas podem ser removidas depois do tratamento, deixando a área livre dos produtos tóxicos utilizados (COSTA-LEONARDO & THORNE, 1995).

A metodologia de isca é uma técnica experimental onde iscas tóxicas são colocadas diretamente no território de forrageamento dos cupins visando o manejo da população. Os cupins forrageiros se alimentam dessas iscas mas não morrem imediatamente. Eles vivem o suficiente para transportar o inseticida para a colônia e distribuí-lo por meio da trofalaxia ou “grooming”. Assim, a colônia de cupim enfraquece ou é eliminada, e a estrutura infestada é abandonada (COSTA-LEONARDO, 1996).

Atualmente, estão sendo testados como ingredientes ativos para o uso em iscas alguns agentes de controle biológico, inibidores metabólicos e

reguladores do crescimento de insetos (IGRs) (COSTA-LEONARDO, 1996; COSTA-LEONARDO & THORNE, 1995; SU & SCHEFFRAHN, 2000).

4.4. Ingredientes ativos da metodologia de isca

Na preparação de iscas tóxicas eficientes e economicamente viáveis para o controle de cupins subterrâneos, é fundamental conhecer a qualidade e forma de ação dos ingredientes ativos. Além de ser de ação lenta rapidamente degradável quando exposto ao ambiente, o ingrediente ativo eficiente e conseqüentemente a isca na qual ele está contido, deve atender outros requisitos básicos: não apresentar efeito repelente, agir mesmo quando em baixas concentrações, ter ação acumulativa por ingestão e apresentar baixa toxicidade aos mamíferos (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999; JACOB, 2002).

Atualmente, existem no comércio mundial algumas iscas para o controle de cupins subterrâneos, e muitos estudos com diversos ingredientes ativos, como caracterizados a seguir.

4.4.1. Agentes de controle biológico

Estudos laboratoriais realizados com agentes de controle biológicos demonstraram-se bastante eficientes para o controle de cupins subterrâneos, como com o nematóide *Neoaplectana carpocapsae* Weiser, fungos como *Metarhizium anisopliae* Sorokin e *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vullemin (LAI *et al.*, 1982; SU & SCHEFFRAHN, 2000). Contudo, estudos de campo com esses agentes biológicos não têm demonstrado sucesso quando usados no controle de cupins (COSTA-LEONARDO & THORNE, 1995; SU & SCHEFFRAHN, 2000; GRACE, 2003). Segundo Grace (2003), bactérias são também de grande interesse para uso no controle biológico de cupins, e a manipulação via técnicas moleculares pode ser um caminho viável para o desenvolvimento de eficientes agentes microbiológicos.

4.4.2. Inibidores metabólicos

No passado, o dodecacloro foi utilizado como ingrediente ativo de iscas (COSTA-LEONARDO, 1996). Atualmente, alguns inibidores metabólicos, como hidrametilnona, boratos e sulfluramida foram incorporados às iscas e demonstraram capacidade em reduzir algumas populações de cupins subterrâneos (SU & SCHEFFRAHN, 2000; COSTA-LEONARDO, 2002).

A sulfluramida pertence ao grupo químico das sulfonas fluoralfáticas (VANDER MEER *et al.*, 1985) e é um inibidor da respiração celular dos insetos, atuando na síntese do ATP. O metabólito deetilado da sulfluramida (DASF) é um subproduto do metabolismo do citocromo P-450 e funciona como um desacoplador de elétrons da cadeia respiratória mitocondrial. Para uma ação desacopladora, o sistema de transporte de elétrons funciona normalmente, mas a produção de ATP está desacoplada do processo de transporte de elétrons devido a uma dissipação do gradiente de prótons através da membrana interna da mitocôndria. Na presença de desacopladores, o consumo de oxigênio aumenta, mas nenhum ATP é produzido. Assim, a interrupção do metabolismo de energia e a subsequente perda de ATP resulta em inatividade, paralisia e morte do inseto exposto à sulfluramida (BLOOMQUIST, 2007).

A sulfluramida foi lançada no mercado como um substituto do dodecacloro (ZANUNCIO *et al.*, 1993). Este ingrediente ativo apresenta baixa toxicidade aos mamíferos, inclusive ao homem e ao ambiente, apresentando uma meia vida muito menor que a da molécula de dodecacloro (CRUZ *et al.*, 1996). Essa substância tem sido amplamente usada no controle de formigas cortadeiras (VANDER MEER *et al.*, 1985) e baratas da espécie *Blattella germanica* (REID *et al.*, 1990). VANDER MEER *et al.* (1985) testaram alguns ingredientes do grupo químico das sulfonas fluoralfáticas para o controle de moscas domésticas, baratas e algumas espécies de mosquitos. Após obter resultados satisfatórios, esses autores apontaram a possibilidade dos referidos compostos exercerem uma ação estomacal.

Su & Scheffrahn (1988a) expuseram cupins a baixas concentrações de sulfluramida, e constataram a ocorrência de letargia, redução do tamanho do corpo e posterior morte. Esses estudos mostraram que determinadas

concentrações de sulfluramida demonstraram ser eficientes para a utilização como isca ou pó de trilha para *Coptotermes formosanus* Shiraki e *R. flavipes*. Contudo, de acordo com Su & Scheffrahn (1988a) mais estudos são necessários para entender a relação entre a quantidade de alimento ingerida e o tempo da mortalidade quando a sulfluramida é utilizada no controle de cupins. Análises laboratoriais posteriores demonstraram o potencial uso do inseticida sulfluramida em iscas, embora ocorra um menor consumo em concentrações elevadas (SU & SCHEFFRAHN, 1991).

Su *et al.* (1995) descreveram uma redução no tamanho populacional de colônias do cupim subterrâneo *C. formosanus* como consequência do uso de blocos de madeira impregnados com sulfluramida. Contudo, os autores também relataram que essas populações parecem ter aumentado gradualmente depois da remoção das iscas tóxicas. Por outro lado, Felix & Henderson (1995), descreveram uma total ausência de atividade forrageira após a aplicação de iscas com sulfluramida em uma colônia de *C. formosanus*.

Grace *et al.* (2000) também realizaram estudos laboratoriais com sulfluramida. Eles impregnaram papéis filtros com sulfluramida e ofereceram como alimento ao cupim subterrâneo *C. formosanus*. Os resultados desses bioensaios sugerem que concentrações menores que 100 ppm podem ser efetivas contra *C. formosanus*. Esses autores também testaram a isca comercial da FirstLine™, FMC Corp., a qual contém papelão corrugado impregnado com uma concentração de 100 ppm de sulfluramida. Nesse caso, a eliminação total dos cupins ocorreu em uma semana, mas sem consumo aparente, indicando uma ingestão mínima, ou morte por contato, ou ainda, certa repelência devido à alta concentração.

Um outro importante inibidor metabólico é o inseticida hidrametilnona, o qual é um inibidor da respiração celular dos insetos, atuando no transporte de elétrons no interior das mitocôndrias. Inibe os elétrons do sítio II, um dos passos que participam da formação de ATP, do complexo do citocromo b-c₁ (PERRY, 1997). A inibição do sistema de transporte de elétrons bloqueia a produção de ATP e causa uma diminuição no consumo de oxigênio pela mitocôndria. A interrupção do metabolismo e subsequente perda de ATP

resultam em uma toxicidade lenta, e os efeitos causados por este composto incluem inatividade, paralisia e finalmente a morte (BLOOMQUIST, 2007). Este ingrediente ativo é altamente tóxico para insetos cujo modo de ação seja resultante de ingestão, mas é relativamente não tóxico ao contato cuticular (HOLLINGSHAUS, 1987). Além do controle de cupins, o ingrediente ativo hidrametilnona tem sido utilizado no controle de baratas (MILIO *et al.*, 1986) e formigas cortadeiras (NAGAMOTO & FORTI, 1999). A empresa BASF Corporation lançou no mercado na década passada a isca Subterfuge® a base de hidrametilnona. Contudo, existem poucos trabalhos que discutem o desempenho desta isca.

Estudos laboratoriais com hidrametilnona demonstraram que quando usado em altas concentrações, entre 2.000 a 4.000 ppm, a mortalidade dos cupins é de 70 a 100 % em menos de 10 dias (SU *et al.* 1987). Pawson & Gold (1996), testaram iscas comerciais da empresa American Cyanamide contendo hidrametilnona, para o controle de cupins subterrâneos no Texas. A hidrametilnona foi testada, durante um ano, em quatro estruturas infestadas com *C. formosanus* e espécies de *Reticulitermes*, resultando no controle de apenas duas das edificações. Thorne & Traniello (1994) descreveram um contínuo decréscimo das populações de cupins alimentadas com iscas contendo hidrametilnona. Existe um artigo na revista "Pest Control Technology" que também descreve a ausência de atividade dos cupins em residências tratadas por três anos com iscas impregnadas com hidrametilnona (ANONYMOUS, 1995).

O ingrediente ativo ácido bórico (nome químico: ácido (orto) bórico; ácido borácico) é considerado um inibidor metabólico para alguns autores como Grace (1997). Embora o ácido bórico e os sais de boro tenham sido usados desde 1800 como inseticidas (WOODS, 1994), o modo de ação destas substâncias não é, ainda, bem compreendido. Esses compostos, além de serem tóxicos de ação lenta, podem estar envolvidos na interrupção da adesão intercelular, uma vez que soluções saturadas de ácido bórico podem ser utilizadas para dissociar células (KLOTZ & MOSS, 1996; KLOTS *et al.*, 2000). De acordo com alguns pesquisadores (LLOYD, 1990; NUNES, 1995), os

efeitos do ácido bórico em nível celular são mais importantes do que a mortalidade da fauna intestinal ou os efeitos de desidratação, os quais são esporadicamente citados na literatura (GENTZ & GRACE, 2006).

Segundo Grace (1997) nos cupins, os boratos podem agir de modo direto, funcionando como um inibidor metabólico (LLOYD, 1998) ou de modo indireto, sendo tóxico para os protozoários simbiotes do inseto (NUNES & DICKINSON, 1995; KARD, 2000). Kard (2001) avaliou o efeito do ácido bórico, misturado com solo, em bioensaios realizados com os cupins subterrâneos *C. formosanus* e *R. flavipes*. O referido autor obteve grande mortalidade nas duas espécies e o ácido bórico não foi repelente para esses cupins.

Estudos laboratoriais em placa de Petri foram realizados para avaliar a mortalidade e o consumo de *C. formosanus* alimentado com papel-filtro impregnado com ácido bórico. Os resultados desses bioensaios indicam que apenas em concentrações superiores a 0,5% ocorreu 100% de mortalidade. Além disso, não houve nenhuma redução no consumo dos papéis-filtro pelos cupins, mesmo quando foram utilizadas altas concentrações de ácido bórico (OSBRINK *et al.*, 2005).

Gentz & Grace (2006) usaram operários de *C. formosanus* em bioensaios de toxicidade com diferentes formulações de sais de boro. Os resultados sugerem que a concentração de boro na madeira impregnada tem maior impacto sobre a alimentação dos cupins do que o tipo de boro utilizado. Além disso, concluíram que o ácido bórico afeta a atividade dos cupins mais rapidamente do que outras formulações testadas, como borato de zinco ou octaborato de sódio tetrahidratado (DOT). Segundo os autores, mais bioensaios são necessários com diferentes quantidades de boro para verificar a ingestão e recuperação dos cupins expostos a esses e outros sais de boro.

A eficácia dos compostos bóricos já foi relatada para outros insetos-praga como *Blattella germanica*, *Ctenocephalides felis*, *Musca domestica* e formigas cortadeiras (TAKAHASHI-DEL-BIANCO, 2002).

4.4.3. Hormônios reguladores de crescimento de insetos (IGRs)

O desenvolvimento individual dos insetos e a formação de castas são controlados por reguladores de crescimento (“Insect growth regulators” ou IGRs). Os IGRs têm uma ação gradual e cumulativa e por isso são adequados para serem incorporados como ingredientes ativos de iscas. De acordo com Su & Scheffrahn (1998, 2000), existem duas classes de IGRs, os juvenóides (substâncias análogas ao hormônio juvenil) e os inibidores de síntese de quitina.

Juvenóides: Para a maioria das espécies de insetos, o hormônio juvenil é responsável por reter as formas imaturas, mas ele também regula a formação de soldados nos térmitas. Entre as substâncias análogas ao hormônio juvenil, destacam-se o fenoxicarbe, hidroprene, metoprene e piriproxifen.

Os juvenóides são reguladores do crescimento dos insetos, isto é, mimetizam a ação do hormônio juvenil em vários processos fisiológicos dos insetos, afetando a embriogênese (efeito ovicida), a metamorfose e a formação do adulto (ISHAHYA & HOROWITZ, 1992; MIURA *et al.*, 2003). Nos últimos instares larvais, o nível do hormônio juvenil começa a declinar e as células da epiderme programam-se para que o inseto passe para o estágio subsequente de desenvolvimento. Porém, se o nível de hormônio juvenil for elevado artificialmente com a aplicação de um juvenóide, o inseto programa-se para manter as características jovens, passando para um outro ínstar em vez da fase de pupa (insetos holometabólicos) ou de adulto (insetos hemimetabólicos) (MIURA *et al.*, 2003).

Em cupins, o hormônio juvenil e seus análogos sintéticos induzem a diferenciação de operários em pré-soldados e intercastas (HENDERSON, 1998; SCHARF *et al.*, 2003; MIURA *et al.*, 2003). Nos cupins, a casta de soldados é dependente dos operários para alimentação. Assim, a formação excessiva de soldados deve causar um colapso nutricional na colônia. Dados da literatura revelam que quando usadas em colônias naturais essas substâncias podem ou não provocar um declínio na atividade dos cupins. Os efeitos dos diferentes juvenóides são variados e dependem da espécie de

cupim e da concentração em que são usados. Parece que eles são mais efetivos em espécies de cupins com baixa proporção de soldados (SU & SCHEFFRAHN, 1990, 2000).

Jones (1984) tratou blocos de madeira com fenoxicarbe e ofereceu como alimento para *C. formosanus*, o que resultou em uma grande produção de intercastas. Outros autores (FRENCH, 1974; HAVERTY & HOWARD, 1979) também obtiveram uma superpopulação de pré-soldados ou de intercastas devido à exposição dos operários aos análogos do hormônio juvenil. Su *et al.* (1985), estudando os efeitos dos juvenóides fenoxicarbe e metoprene em *C. formosanus*, concluíram que determinadas concentrações desses compostos causam baixa mortalidade e produzem um grande número de pré-soldados. Além disso, o substrato utilizado na alimentação afeta os resultados, sendo que para esses autores, grupos alimentados com blocos de pinos sobreviveram melhor e produziram mais soldados (SU *et al.*, 1985).

O ingrediente ativo piriproxifen, um outro análogo ao hormônio juvenil, é moderadamente volátil e apresenta pequena solubilidade em água. É degradado rapidamente em solo arenoso, com meia vida entre 6 e 9 dias, em condições aeróbicas, via catálise biológica, servindo como fonte de carbono para microrganismos do solo (FATHULLA, 1994).

Su & Scheffrahn (1989) testaram a ação do ingrediente ativo piriproxifen em duas espécies de cupins, por meio de experimentos laboratoriais. Para *C. formosanus*, a concentração de 1.500 ppm forneceu melhores resultados, com um aumento significativo no número de pré-soldados após oito semanas. Para a espécie *R. flavipes*, foi demonstrado que a concentração de 750 ppm induziu a formação de pré-soldados ou a morte em aproximadamente 60% da população, após duas semanas. Os resultados desses dois bioensaios não comprovaram a eficiência do piriproxifen como termiticida, e os autores concluíram que são necessários novos testes com concentrações entre 300 a 1.500 ppm, para testar a eficácia do referido ingrediente ativo para os cupins. Os pesquisadores também sugeriram novos testes, com concentrações de 30 a 150 ppm, para a espécie *R. flavipes*.

De acordo com alguns autores, experimentos laboratoriais realizados com o cupim *Hodotermopsis sjoestedti* (sinonímia júnior de *H. japonica*) (Termopsidae), também induziram a formação de pré-soldados a partir de operários (“pseudergates”) usando o análogo do hormônio juvenil piriproxifen (OGINO *et al.*, 1993; KOSHIKAWA *et al.*, 2002) e Miura *et al.* (2003) na espécie *Zootermopsis nevadensis* (Termopsidae).

Hrdy *et al.* (2001), sugerem um futuro promissor para o uso de análogos do hormônio juvenil, uma vez que essas substâncias possuem persistência adequada, baixa toxicidade e não causam uma diminuição da quantidade de alimento consumida ao longo do tempo. Atualmente, o mercado solicita e os pesquisadores estão utilizando substâncias que interferem na fisiologia dos cupins. Sendo assim, é crescente o número de pesquisas com novos análogos do hormônio juvenil (SCHARF *et al.*, 2003; PARK & RAINA, 2004, 2005; HRDÝ *et al.*, 2004, 2006).

Inibidores de síntese de quitina: Insetos expostos a inibidores de síntese de quitina, como os benzoilfeniluréias e triazinaminas, não são capazes de formar uma cutícula normal, por causa da incapacidade de sintetizar quitina. Esses produtos provavelmente inibem a formação da quitina sintetase a partir de seu zimógeno, por meio da interferência em alguma protease responsável pela ativação da quitina sintetase (BRASIL, 2007; TAKAHASHI-DEL-BIANCO, 2002). Entre eles, já foram testados em cupins o diflubenzuron (Dimilin) e o lufenuron, sendo que só esse último provoca uma inibição expressiva da ecdise em cupins subterrâneos (SU & SCHEFFRAHN, 1993b, 1996a, 2000). Atualmente, o produto hexaflumuron está incorporado em iscas já utilizadas comercialmente no Brasil com o nome de Recruit*II e que faz parte de um sistema de isca monitorado denominado Sentricon. Na realidade, os inibidores de síntese de quitina, assim como os juvenóides, não são hormônios e sim substâncias artificiais. Porém, estão incluídos entre os hormônios por funcionarem semelhantes a eles, atuando como reguladores metabólicos (MARTIUS, 1998).

Hajjar & Casida (1978) testaram derivados de benzoilfeniluréia como um inibidor de síntese de quitina para cupins. Um estudo laboratorial (DOPPELREITER & KORIOTH, 1981 *apud* SU & SCHEFFRAHN, 1993b) demonstrou que o diflubenzuron inibe a ecdise em *Heterotermes indicola* Wasmann e *R. flavipes*. Entretanto, estudos posteriores com diflubenzuron utilizados em colônias de campo de *Microcerotermes* não promoveram resultados conclusivos (FARAGALLA *et al.*, 1985).

Hexaflumuron, um outro inibidor de síntese de quitina, foi documentado na década de 1980 por inibir a ecdise resultando em uma mortalidade retardada nos cupins subterrâneos (SU & SCHEFFRAHN, 1993b). Esses autores, testaram em condições laboratoriais dois inibidores de síntese de quitina, o hexaflumuron e diflubenzuron para as espécies subterrâneas *R. flavipes* e *C. formosanus*. Esses autores concluíram que o hexaflumuron apresentou bons resultados para ambas as espécies testadas nas concentrações entre 15,6 – 62,5 ppm, enquanto o diflubenzuron só foi satisfatório para *R. flavipes* nas concentrações entre 7,8 - 31,3 ppm. SU (1994) testou o ingrediente ativo hexaflumuron e, testes de campo e, obteve uma redução na população de cupins forrageiros entre 90 - 100%, a partir de iscas de 4 a 1.500 mg do produto. Rojas & Morales-Ramos (2001) testaram a eficácia do diflubenzuron, hexaflumuron e clorfluazuron incorporados a uma isca (bloco de madeira), para a espécie de cupim praga *C. formosanus*. Estes autores mostraram que nenhum desses três ingredientes é repelente ou diminui a taxa de alimentação em relação aos controles. Além disso, todos os indivíduos das colônias de *C. formosanus* usadas no referido teste, morreram após nove semanas, ao contrário dos controles que sobreviveram por mais de seis meses. Desde então, muitos trabalhos de campo têm documentado que iscas contendo hexaflumuron eliminaram colônias de 15 espécies de cupins em vários países como Estados Unidos, Austrália, Japão, Malásia, Taiwan, França, Inglaterra, Itália e Porto Rico (LEE, 2002; SAJAP *et al.*, 2002; SU 2002a, b; SU *et al.*, 2003; SU & HSU, 2003).

Um outro inibidor de síntese de quitina, o noviflumuron foi desenvolvido em 1995 pela Dow AgroSciences. Em testes laboratoriais com *R. flavipes* o

produto noviflumuron demonstrou ter uma ação mais efetiva quando comparado com o hexaflumuron (SHEETS *et al.*, 2000; KARR *et al.*, 2004). Em testes de campo, realizados entre 1998 e 2000, 74 colônias de *Reticulitermes* spp. foram testadas com noviflumuron e eliminadas com a metade do tempo das 53 colônias eliminadas com hexaflumuron (SMITH *et al.*, 2001). SAJAP *et al.* (2005) eliminaram cinco infestações de *C. gestroi* entre 35 e 56 dias com iscas contendo 0,5% de noviflumuron. CABRERA & THOMS (2006), também testaram iscas contendo noviflumuron a 0,5% em quatro residências na Flórida. Todas as infestações foram eliminadas entre 71 e 92 dias depois da aplicação das iscas. As quatro construções foram monitoradas durante 12-18 meses e nenhuma infestação de cupim foi detectada.

Ciromazina é um outro regulador do crescimento dos insetos normalmente usado no controle de formas imatura de mosca doméstica (CRESPO *et al.*, 2002), moscas em esterco de gado; plantações de grãos, vegetais e frutas (ARMENTA *et al.*, 2004). CRESPO *et al.* (2002), testaram a ciromazina (comercialmente conhecida como Larvadex) para o controle de pupas de moscas domésticas em aviários na Argentina. Os resultados foram satisfatórios para a concentração de 1%, a qual reduziu o parasitismo de 12% para 2% nas aves. Contudo, não existem publicações de experimentos realizados com cupins. Ciromazina é praticamente não tóxico para mamíferos e pássaros. Este composto não tem efeitos prejudiciais aos microorganismos do solo e possui uma baixa a moderada mobilidade no solo (BRASIL-MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007).

4.4.4. Agente neurotóxico

Atualmente, o fipronil é um ingrediente ativo bastante utilizado no controle de insetos em áreas urbanas e agrícolas (TAKAHASHI-DEL-BIANCO, 2002). Esse inseticida pode ser caracterizado como um composto de contato e/ou ingestão, e esse efeito varia entre as espécies de insetos. Em algumas espécies, o efeito de ingestão é o mais importante, contudo, em outras, a ação

de contato é mais pronunciada. Vários estudos têm demonstrado que este inseticida se liga ao canal de cloro e bloqueia a ativação do mesmo pelo ácido gama-aminobutírico (GABA). A ausência da inibição sináptica permite a hiperexcitação do sistema nervoso central. Tanto em insetos, como em mamíferos, inseticidas bloqueadores do canal de cloro causam hiperexcitabilidade e convulsões. Estes efeitos ocorrem via envenenamento do sistema nervoso central, por meio do antagonismo do neurotransmissor inibitório GABA. Normalmente, quando o ácido é liberado nas terminações nervosas pré-sináptica, ele se liga a um receptor de proteína pós-sináptico, contendo um canal de cloro intrínseco. Quando o GABA se liga ao receptor o canal é aberto, e íons CL⁻ fluem para dentro do neurônio pós-sináptico. Esta permeabilidade ao cloro pode hiperpolarizar (tornar mais negativo) o potencial de membrana e provocar um efeito amortecedor sobre o estímulo do impulso nervoso (BLOOMQUIST, 2007).

Em diversos testes realizados, o fipronil não foi mutagênico, não causou sensibilidade cutânea e efeitos à reprodução em animais e, principalmente, não foi cancerígeno. Estudos em laboratório também comprovam que o fipronil é cerca de 40 vezes mais ativo no sistema nervoso dos invertebrados do que nos vertebrados. Estudos laboratoriais e de campo demonstraram que ele apresenta baixa mobilidade no solo e essa propriedade associada ao fato do fipronil não ser sistêmico, favorece a permanência desse produto no local onde foi aplicado, sugerindo que o mesmo é um inseticida de baixo impacto ambiental (BLOOMQUIST, 2007).

Delgarde & Rouland-Lefevre (2001) testaram o fipronil, em condições de campo e obtiveram uma alta mortalidade em operários de *Odontotermes nilensis* (Termitidae, Macrotermitinae). Os autores também constataram que os indivíduos tratados transmitem o inseticida para o resto da colônia em testes laboratoriais. Esses resultados são compatíveis com os encontrados por FRENCH *et al.* (1997 *apud* DELGARDE; ROULAND-LEFEVRE, 2001) para *Coptotermes acinaciformis* e por Moura *et al.* (1998) para *Syntermes wheeleri* (Termitidae).

Ibrahim *et al.* (2003) mostraram que a aplicação tópica de 2,5 ng de fipronil por cupim resultou em uma transferência horizontal entre cupins expostos e não expostos de *C. formosanus*. Essa transferência horizontal ocorreu entre soldados ou operários expostos ao inseticida para operários não expostos.

Estudos laboratoriais com *C. formosanus* e *R. flavipes* foram realizados para verificar o tempo e a concentração de fipronil necessária para ocorrer uma mortalidade maior que 80% sobre os indivíduos testados. Cupins expostos a papéis-filtro tratados com 1 ppm de fipronil mostraram uma mortalidade superior a 80% em 5 dias para *C. formosanus* e em 9 dias para *R. flavipes*. De acordo com os autores, futuras investigações deverão ser realizadas para se testar a eficiência de fipronil em experimentos de campo com estas duas espécies de cupins (REMMEN & SU, 2005).

4.5. Estimativa do tamanho da população de forrageiros e do território de forrageamento de cupins.

Estudos populacionais de espécies subterrâneas são dificultados devido ao seu comportamento críptico (FORSCHLER, 1994), ao grande número de indivíduos na colônia (TAMASHIRO *et al.*, 1980) e a extensão de seu território de forrageamento, mais de 100 m da colônia (SU *et al.*, 1993). Devido a esses fatores é impossível identificar mais do que uma pequena parte das galerias e locais de forrageamento de uma colônia de cupim subterrâneo (SU *et al.*, 1984), principalmente no meio urbano.

A determinação do tamanho populacional de uma colônia a partir da contagem direta dos indivíduos do ninho, tem sido realizada em algumas espécies das famílias Termitidae, Termopsidae e Rhinotermitidae, as quais constroem ninhos arborícolas, epígeos ou nidificam no interior de madeiras. A técnica da contagem direta consiste em coletar o ninho e retirar todos os indivíduos do interior do mesmo. Embora essa técnica seja apropriada para determinar o tamanho da população de espécies que nidificam no interior da

madeira, ela pode subestimar o tamanho da população quando é usada em espécies que constroem ninhos arborícolas ou epígeos, já que a população forrageira geralmente não é avaliada. Além disso, a contagem direta dos indivíduos do ninho é considerada uma técnica destrutiva, pois não permite o estudo das mudanças demográficas das colônias de cupins devido à influência de fatores ambientais (SU & SCHEFFRAHN, 1988b; FORSCHLER & TOWNSEND, 1996; EVANS *et al.*, 1998, 1999).

Howard *et al.* (1982), usou escavação, seguida por coletas exaustivas de armadilhas com papelão corrugado, para estimar colônias de *R. flavipes* na área rural do Mississippi. Como resultado obteve uma população média com cerca de 245.000 mil cupins e, esses dados foram, até a década de 90, os mais aceitos para essa praga urbana. Contudo, esse método seria impraticável no meio urbano, onde os cupins subterrâneos causam sérios problemas estruturais, uma vez que essas áreas são densamente habitadas.

Outra técnica usada na determinação do tamanho populacional de cupins é a marcação com radioisótopos que consiste na aplicação quantitativa de um marcador radioativo em iscas atrativas. A isca é consumida pelos cupins e o marcador radioativo persiste por um longo período de tempo dentro do corpo do inseto. Esse marcador pode também ser transferido por trofalaxia, e se espalhar rapidamente pela colônia. O tamanho da população é estimado, eletronicamente, através da taxa de radiação emitida por todos os indivíduos da colônia. Contudo, essa técnica não tem sido eficiente para espécies de cupins subterrâneos porque a taxa de radiação emitida pelos cupins é muito baixa para ser registrada (SPRAGG & PATON, 1980). Além disso, o número inicial de cupins marcados aumenta devido a passagem deste material via trofalaxia (ROSENGAUS *et al.*, 1986). Contudo, os marcadores radioativos têm auxiliado nos estudos dos sistemas de nidificação das várias espécies de cupins e na determinação da sua área de forrageamento (ALMEIDA, 1998). Além disso, eles também podem ser utilizados para estabelecer os limites de uma colônia e para separar os indivíduos de colônias diferentes (CAMARGO-DIETRICH, 2000).

Uma alternativa às técnicas de amostragem destrutivas é o uso de avaliações populacionais, como por exemplo, o método da marcação e recaptura (BEGON, 1979). Essa metodologia tem sido usada com sucesso para estimar pequenos mamíferos e outras populações de vertebrados (NUTTING & JONES, 1990).

Nos protocolos de marcação e recaptura pode-se estimar o tamanho da população de forrageamento, por meio de modelos matemáticos, como o Índice de Lincoln e a Média Ponderada.

O Índice de Lincoln é o método mais simples para se determinar o tamanho de uma população envolvendo um único evento de marcação e recaptura dos cupins (BEGON, 1979). Contudo, o erro padrão associado a esse método pode ser alto se o número de indivíduos recapturados for muito baixo. Essa técnica foi inicialmente desenvolvida para aves aquáticas (LINCOLN, 1930) e, mais tarde, modificado para insetos sociais (SOUTHWOOD, 1971), sendo revisado posteriormente por Southwood (1978) e Seber (1982).

Lai (1977) foi o primeiro pesquisador a usar o Índice de Lincoln para estimar populações forrageiras do cupim subterrâneo *C. formosanus*, por meio da amostragem de operários marcados e não marcados. Su *et al.* (1984) também realizaram a estimativa de populações de cupins por meio da técnica de marcação e recaptura, utilizando o Índice de Lincoln como modelo matemático e seus resultados confirmaram os dados obtidos por Lai (1977) o que ajudou a validar a técnica para cupins subterrâneos (GRACE, 1990).

Outro modelo matemático utilizado para estimar o tamanho populacional é o método da Média Ponderada, que é derivado do Índice de Lincoln (BEGON, 1979). Essa técnica possui a vantagem de utilizar dados coletados em vários ciclos de marcação, ampliando o número de recapturas e aumentando a precisão da estimativa do tamanho populacional com um menor valor da estimativa do erro padrão (CURTIS & WALLER, 1997). Su & Scheffrahn (1988b) foram os primeiros pesquisadores a utilizarem esse modelo para estimar populações de cupins subterrâneos.

Esses dois métodos têm sido utilizados para estimar o tamanho da população de forrageio de várias espécies de cupins subterrâneos (LAI, 1977; TAMASHIRO *et al.*, 1980; SU *et al.*, 1984; SU & SCHEFFRAHN, 1988b, 1996b; GRACE *et al.*, 1989; JONES, 1990; HAAGSMA & RUST, 1995; YATES & GRACE, 2000; SU *et al.*, 2001; LEE, 2002). Apesar das restrições e críticas apontadas nesta metodologia (THORNE *et al.*, 1996), ela fornece informações valiosas sobre a dinâmica populacional (tamanho, área e biomassa da população forrageira) e, por ser uma técnica não destrutiva, permite o estudo das mesmas populações por um período maior (CAMARGO-DIETRICH & COSTA-LEONARDO, 2003).

Para a aplicação da técnica de marcação e recaptura, são estabelecidas estações de monitoramento, que consistem em pontos de disposição de armadilhas celulósicas nos locais de infestação por cupins. Os indivíduos coletados em cada estação de monitoramento são transportados para o laboratório e alimentados com papéis-filtro impregnados com um corante histológico (EVANS *et al.*, 1998). Os indivíduos marcados são liberados nas estações de onde foram coletados e depois de alguns dias, as armadilhas das estações de monitoramento são coletadas e o número total de cupins marcados e não marcados é avaliado.

Os modelos matemáticos utilizados para calcular a estimativa do tamanho populacional estão baseados na proporção de indivíduos marcados liberados e recapturados nos locais de infestação por esses insetos. Assim, uma parte da população de uma colônia de cupins é marcada e, posteriormente, devolvida aos locais de coleta, para que se misture com os outros indivíduos da colônia. Em seguida, uma segunda amostra é coletada, sendo que teoricamente, a proporção de indivíduos marcados coletados nessa amostra é equivalente à proporção de indivíduos marcados em toda a colônia (EVANS *et al.*, 1998, 1999).

A validade das estimativas do tamanho da população de forrageiros de colônias de cupins, por meio dos métodos de marcação e recaptura, vai depender de cinco suposições fundamentais: 1) o marcador é persistente em todos os indivíduos marcados ao longo do período de estudo; 2) a marcação

não afeta a probabilidade de sobrevivência e o comportamento dos indivíduos marcados; 3) os indivíduos marcados se misturam uniformemente com os indivíduos não marcados nos territórios de forrageamento, no intervalo compreendido entre a liberação e a recaptura; 4) a probabilidade de captura é idêntica para todos os indivíduos sem importar a marcação, casta ou idade e 5) a população de forrageiros da colônia permanece inalterada ao longo do período de estudo (BEGON, 1979; EVANS *et al.*, 1998, 1999; THORNE *et al.*, 1996).

A técnica de marcação e recaptura proporciona uma idéia do tamanho populacional da colônia, mesmo levando em consideração que só a população forrageira é amostrada no caso dos cupins subterrâneos. Contudo, a técnica permite estudar as flutuações demográficas das colônias e demarcar seus territórios de forrageamento sem a necessidade da coleta destrutiva do ninho, o que permite aos pesquisadores desenvolver modelos para determinar o potencial de danos em estruturas de madeira ou culturas florestais e avaliar a efetividade dos inseticidas ou iscas tóxicas (SU *et al.*, 1993; FORSCHLER & TOWNSEND, 1996; SU & SCHEFFRAHN, 1996b; CURTIS & WALLER, 1997; SU, 2001).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Testes de laboratório

5.1.1. Coleta dos cupins utilizados em laboratório.

Para a realização dos experimentos em laboratório foram utilizados cupins forrageiros de *Coptotermes gestroi*, provenientes de colônias existentes na cidade de Rio Claro, SP. Os cupins foram coletados por meio de armadilhas confeccionadas com papelão corrugado de 2,5 m de comprimento por 16 cm de largura, enroladas e envolvidas por embalagens plásticas descartáveis de refrigerantes de 2 litros. Essas armadilhas foram dispostas nos territórios de forrageamento das referidas colônias.

5.1.2. Ingredientes ativos

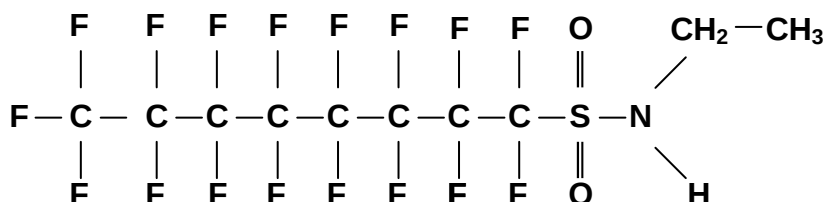
Os ingredientes ativos avaliados no presente trabalho, para a espécie de cupim *C. gestroi*, serão caracterizados a seguir. As informações básicas foram obtidas do THE MERCK INDEX (1989), das monografias depositadas no BRASIL-MINISTÉRIO DA SAÚDE (2007), BLOOMQUIST (2007), do COMPENDIUM OF PESTICIDE COMMON NAMES (2007) e quando possível dos catálogos informativos dos fabricantes.

➤ **Nome comum:** Sulfluramida (“Sulfluramid”)

Nome químico: N-etil perfluorooctano sulfonamida

Fórmula molecular: $C_{10}H_6F_{17}NSO_2$

Fórmula estrutural:



Grupo químico: Sulfonamida fluoroalifática

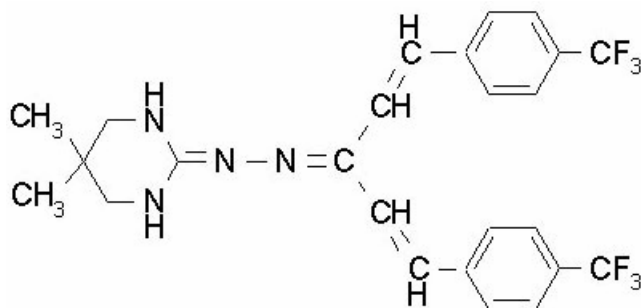
Classificação toxicológica: Praticamente não tóxico

➤ **Nome comum:** Hidrametilnona (“Hydramethylnon”)

Nome químico: tetra hidro-5,5-dimetil-2(1H)-pirimidinona(3(4-(trifluorometil-fenil)-1-(2(4-(trifluorometil)fenil)etenil)-2-propenilideno)hidrazona

Fórmula molecular: $C_{25}H_{24}F_6N_4$

Fórmula estrutural:



Grupo químico: amidinohidrazona

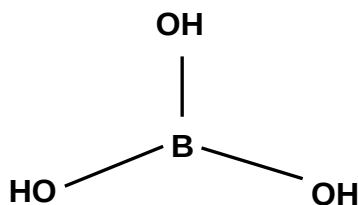
Classificação toxicológica: Pouco tóxico

➤ **Nome comum:** Ácido Bórico (“boric acid”)

Nome químico: ácido (orto) bórico; ácido bórico

Fórmula molecular: H_3BO_3

Fórmula estrutural:



Grupo químico: grupo ácido

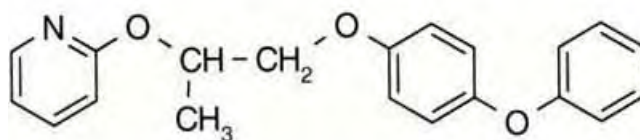
Classificação toxicológica: Medianamente tóxico

➤ **Nome comum:** Piriproxifem (“Pyriproxifen”)

Nome químico: 4-phenoxyphenyl (RS)-2-(2-pyridyloxy)propyl ether

Fórmula molecular: C₂₀H₁₉NO₃

Fórmula estrutural:



Grupo químico: Éter piridiloxipropílico

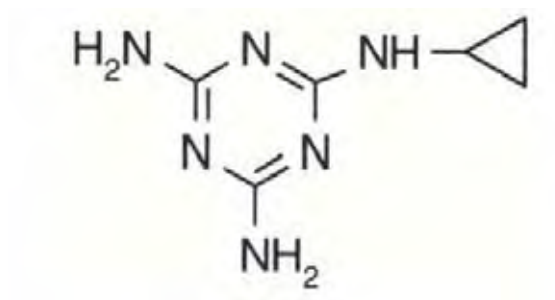
Classificação toxicológica: Praticamente não tóxico

➤ **Nome comum:** Ciromazina (“Cyromazine”)

Nome químico: N-cyclopropyl-1,3,5-triazine-2,4,6-triamine

Fórmula molecular: C₆H₁₀N₆

Fórmula estrutural:



Grupo químico: Triazinamina

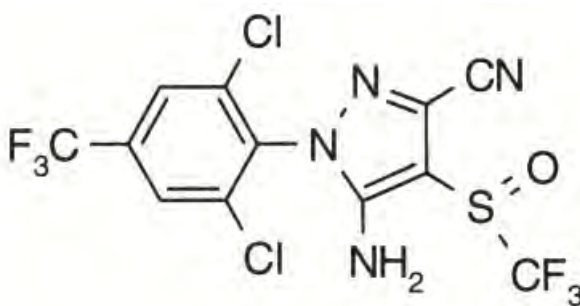
Classificação toxicológica: Praticamente não tóxico

➤ **Nome comum:** Fipronil (“Fipronil”)

Nome químico: 5-amino-1-(2,6-dicloro- α - α - α -trifluor-p-tolil)4-trifluorometilsulfinil-pirazol-3-carbonitrila

Fórmula molecular: C₁₂H₄Cl₂F₆N₄OS

Fórmula estrutural:



Grupo químico: fenil pirazol

Classificação toxicológica: Medianamente tóxico

5.1.3. Preparação das soluções com ingredientes ativos

Na preparação das soluções, cada um dos ingredientes ativos utilizados foi diluído em seu respectivo solvente (água ou acetato de etila) em três concentrações iniciais de 100, 1.000 e 10.000 ppm. Posteriormente, cada solução sofreu novas diluições para preparar as demais concentrações descritas na tabela 1.

TABELA 1 – Ingredientes ativos, seus respectivos solventes e concentrações utilizadas nos testes de toxicidade com *C. gestroi*.

Ingredientes ativos	Solventes	Concentrações padrão	Outras concentrações testadas (ppm)
Sulfluramida (Inibidor metabólico)	Acetato de Etila		0,0001
			0,001
			0,01
			0,1
			1
			10
			50
Hidrametilnona (Inibidor metabólico)	Acetato de Etila		50
			60
			80
			85
			90
			150
			200
			250
			500
Ciromazina (IGRs – Inibidor de síntese de quitina)	Água	100 ppm (0,01%)	250
			500
			750
			5.000
			7.500
			8.500
			9.500
			10.000
Piriproxifen (IGRs – Análogo do hormônio juvenil)	Acetato de Etila	1.000 ppm (0,1%)	12.500
			15.000
		10.000 ppm (1%)	1
			10
			50
			250
			500
			5.000
Fipronil (Agente neurotóxico)	Acetato de Etila		12.500
			12.500
			0,0001
			0,001
			0,01
			0,1
			1
Ácido bórico (Inibidor metabólico)	Água		10
			1.000
			2.000
			2.500
			3.000
			5.000

Para a impregnação do papelão corrugado (25 cm²), foi utilizado um volume de solução suficiente para a imersão do mesmo durante 30 segundos, conforme testado previamente. Os controles foram realizados com papelão corrugado imerso em água (Controle 1) e/ou no solvente Acetato de Etila (Controle 2). Os papéis corrugados foram secos em capela por 24 horas para a total evaporação do solvente.

5.1.4. Avaliação do consumo

Os quadrados de papelão corrugado foram colocados em uma estufa à 60°C por 24 horas (metodologia modificada de ZHU *et al.*, 2001) para cálculo do seu peso inicial, antes de serem impregnados com as soluções e expostos aos cupins. Para a avaliação do consumo no término do experimento, os pedaços de papelão corrugado foram secos em estufa à 60°C durante 24 horas e a seguir, pesados novamente. O consumo do papelão corrugado foi calculado pela diferença entre o peso seco inicial e final.

5.1.5. Experimento 1 – “Escolha prévia das concentrações com efeito termiticida”

Para cada experimento foi utilizada uma placa de Petri descartável com 15 cm de diâmetro. Em uma das extremidades da placa foi colocada uma matriz (porção de areia) de 16 gramas de areia esterilizada e umedecida com água destilada (Figura 1). Em cada placa, foram colocados 100 operários da espécie *C. gestroi* para se adaptarem por um período de 48 horas. Após esse tempo, foi colocado na placa um pedaço de papelão corrugado, previamente impregnado com o ingrediente ativo, na extremidade oposta da matriz de areia.

Para cada concentração do ingrediente ativo a ser testado foram realizadas quatro repetições, assim como para os controles: água, solvente e sem alimento. O consumo do papelão foi avaliado conforme metodologia previamente descrita no item 5.1.4 e a sobrevivência por meio da contagem e retirada diária dos indivíduos mortos durante 25 dias.

5.1.6. Experimento 2 – “Escolha das concentrações ideais entre as selecionadas previamente”

Nesse teste foram utilizados dois recipientes plásticos de 250 mL conectados por meio de um cano plástico de 9 cm de comprimento por 1 cm de diâmetro. Um dos recipientes serviu para abrigar a população forrageira (câmara “ninho”) e o outro recipiente para receber o papelão corrugado (câmara “alimento”) (Figura 2). A câmara “ninho” continha uma matriz de 40 gramas de areia esterilizada e umedecida (2,5 ml de água destilada) e a câmara “alimento” continha uma matriz de 20 gramas de areia esterilizada e umedecida (1,5 ml de água destilada), além do pedaço de papelão corrugado.

Em cada experimento foram colocados 2 gramas de operários (aproximadamente 600 indivíduos) e 40 soldados, os quais foram deixados sem alimento por um período de 48 horas para se adaptarem. Após esse período, foi colocado na câmara “alimento” o papelão corrugado impregnado. Os pedaços de papelão corrugados impregnados foram secos no interior de uma capela, enrolados e, posteriormente, oferecidos aos cupins.

Em cada experimento foram utilizados cupins provenientes de duas colônias. As concentrações usadas foram escolhidas a partir dos resultados obtidos no primeiro experimento. Assim, para cada concentração do ingrediente ativo testado foram realizadas 16 repetições, sendo 8 repetições de cada colônia. Nos controles foram montadas 32 repetições, sendo 16 controles impregnadas com água (8 repetições de cada colônia) e 16 controles impregnadas com o respectivo solvente (8 repetições de cada colônia). Após 14, 21, 28 e 35 dias quatro unidades experimentais de cada concentração foram avaliadas (duas de cada colônia), juntamente com quatro controles (dois de cada colônia). Os operários sobreviventes foram pesados, os soldados foram contados e o pedaço de papelão corrugado, não consumido, foi seco em estufa e posteriormente pesado.



FIGURA 1. Arena utilizada nos bioensaios referentes ao experimento 1.



FIGURA 2. Arena utilizada nos bioensaios referentes ao experimento 2.

5.1.7. Análise dos dados

Os dados do experimento em placa de Petri foram avaliados através da determinação de mortalidade diária dos cupins para cada tratamento. Posteriormente, determinou-se o tempo de sobrevivência mediana e as curvas de sobrevivência por meio do teste não-paramétrico Log-rank, utilizando-se o software Graph-Pad (aplicativo *Prism 4*) com nível de significância de 5% (ELANDT-JOHSON & JONSON, 1980). Para o ingrediente ativo piriproxifen, os dados de mortalidade final correspondem ao número de indivíduos mortos mais os operários transformados em intercasta ou pré-soldado.

Os dados de consumo entre os três controles foram analisados pelo teste Mann-Whitney. Quando não existia diferença significativa, os controles 1 (água) e 3 (sem alimento) foram excluídos. Após esse procedimento, foi aplicado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis (aplicativo Prisma 4) entre o solvente e todos os tratamentos. Assim, quando foi encontrada diferença significativa entre todos os grupos foi aplicado um segundo teste, o Dunn's, para determinar em quais tratamentos ocorreram diferenças significativas em relação ao controle 2 (solvente).

Os resultados de sobrevivência e consumo de *C. gestroi* realizados em recipientes plásticos (segundo experimento) foram analisados pelo teste de variância Anova (programa GLM), ao nível de 5% de significância. Quando houve diferença significativa entre eles foi aplicado o teste de Tukey HSD (SAS, 1996). Em todos os experimentos, o número de indivíduos mortos corresponde aos operários e soldados juntos. Para o ingrediente ativo piriproxifen, os indivíduos induzidos a intercasta ou pré-soldado foram considerados como mortos, uma vez que eles não se alimentam sozinhos, fato esse comprovado colocando esses indivíduos para se alimentarem com papel filtro colorido após a abertura e contagem dos indivíduos sobrevivente.

Nos experimentos 1 e 2, a porcentagem de eficiência dos inseticidas foi avaliada pela fórmula de **Abbott** (Nakano et al., 1981):
$$\%E = \frac{T - I}{T} \times 100$$

E = Eficiência; T = número de insetos vivos na testemunha; I = número de insetos vivos no tratamento com inseticida.

5.1.8. Análise morfológica

A análise morfológica dos indivíduos submetidos ao consumo de piriproxifen foi realizada sob estereomicroscópio e alguns espécimes foram fotografados com uma câmara acoplada ao estereomicroscópio. A terminologia utilizada para as castas de cupins (operário, soldado, pré-soldado e intercasta) foi a descrita por Thorne (1996).

5.2. Testes de campo

5.2.1. Local de estudo e monitoramento das colônias de campo

O presente estudo foi realizado no município de Rio Claro (S22°23'47.6"; W47°32'55.1"), Estado de São Paulo. Para a estimativa do tamanho da população de forrageiros e delimitação do território de forrageamento das colônias de *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896) foram selecionadas 3 áreas urbanas com atividade dessa espécie. Estes locais foram escolhidos por meio da constatação de danos provocados, tanto no interior das construções, quanto no exterior em troncos de árvores e jardins. Ao redor das referidas construções foram colocadas estacas de madeira (*Pinus* sp) de 5x5x25 cm para se estabelecer os pontos de infestação de *C. gestroi*. Estas estacas foram enterradas no solo a uma profundidade de cerca de 15 - 20 cm, com uma distância de 2 m entre elas e inspecionadas após dois meses de instalação (Método desenvolvido pela Prof. Dr. Ana Maria Costa-Leonardo). Nos pontos de infestação de *C. gestroi* foram estabelecidas estações de monitoramento. Nessas estações as estacas de madeira foram substituídas por armadilhas constituídas por papelão corrugado de 2,5 m de comprimento por 16 cm de largura, enrolado e envolvido por embalagem plástica de refrigerante descartável de 2 litros (Figura 3).



FIGURA 3. Armadilha de papelão corrugado com 2,5 m de comprimento por 16 cm de largura, enrolado e envolvido por embalagem plástica de refrigerante descartável de 2 L, utilizada para a captura de cupins subterrâneos.

Esses locais foram monitorados mensalmente e os espécimes de cupins coletados foram utilizados por aproximadamente três anos em diversos bioensaios. Mais tarde, as estações de monitoramento foram utilizadas no protocolo de marcação e recaptura para a determinação do tamanho da população e território de forrageamento da espécie *C. gestroi*.

O primeiro local escolhido (área 1) foi uma construção de 2.377 m², no bairro do Estádio, no qual funciona uma Unidade Básica de Saúde (Posto de Saúde, P.S.) (S22°25'24.5"; W47°33'52.1"). Na área 1 (P.S.) foram previamente colocadas 178 estacas de madeira em toda a área externa da construção.

O segundo local escolhido (área 2) foi uma residência de 599 m², localizada no bairro Vila Indaiá (L.U.) (S22°24'10.7"; W47°33'6.7"). Neste local, foram previamente colocadas 55 estacas de madeira em toda a área externa da referida residência.

O terceiro local escolhido (área 3) foi uma construção de 264 m², localizada na Vila Indaiá (S.O.R.) (S22°24'18"; W47°33'21.8"), na qual funciona um estabelecimento comercial. Nesta área foram colocadas 17 estacas de madeira em toda a área externa do terreno.

5.2.2. Protocolo de marcação e recaptura

Para a aplicação da técnica de marcação e recaptura foram utilizados os pontos das estações de monitoramento, nos quais foram realizadas periodicamente a reposição das armadilhas e, posteriormente, elas foram levadas para o laboratório e triadas. A seguir, frente aos dados obtidos, foi escolhida a armadilha que possuía o maior número de indivíduos para serem coloridos e a estação de monitoramento da armadilha escolhida foi considerado o ponto inicial da marcação. Os indivíduos coletados nesse ponto inicial foram colocados para se alimentarem, em placas de Petri com papéis-filtro (9 cm de diâmetro) corados. Os papéis filtro foram corados com 1 mL de Azul de Nilo solução aquosa 0,1% para a espécie *H. tenuis* e 1 mL de Vermelho Neutro solução aquosa 0,1% para a espécie *C. gestroi*, metodologia de CAMARGO-DIETRICH (2000).

Após uma semana de alimentação, os cupins coloridos foram retirados das placas de Petri, contados e liberados na mesma estação de monitoramento onde foram coletados (primeira liberação) (Figura 4). Depois de uma semana foi realizada a coleta das armadilhas de todas as estações de monitoramento (primeira recaptura) e foi avaliado o número de operários marcados e não marcados para cada estação (Tabela 2).



FIGURA 4. Cupins coloridos, da espécie *C. gestroi*, sendo liberados na mesma estação de monitoramento onde foram coletados.

TABELA 2. Seqüência de eventos do protocolo de marcação e recaptura nas colônias de cupins durante os três ciclos*.

SEMANAS						
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
1 ^a coleta		2 ^a coleta		3 ^a coleta		4 ^a coleta
1 ^a marcação	1 ^a liberação	2 ^a marcação	2 ^a liberação	3 ^a marcação	3 ^a liberação	3 ^a recaptura
		1 ^a recaptura		2 ^a recaptura		

*1º Ciclo = 1^a e 2^a semanas; 2º Ciclo = 3^a e 4^a semanas, 3º Ciclo = 5^a e 6^a semanas

As estações de monitoramento que apresentaram cupins marcados foram consideradas como pertencentes ao território da colônia na qual os cupins foram liberados pela primeira vez. Todos os indivíduos (marcados ou não marcados), coletados nessas estações, foram forçados a se alimentarem

com papel filtro corado e liberados nas estações correspondentes à sua captura (segunda liberação). Três ciclos padrões de captura e recaptura (tripla marcação e recaptura) foram utilizados na presente pesquisa e tiveram a duração de 6 semanas após a primeira liberação dos indivíduos corados (Tabela 2).

5.2.3. Cálculo da estimativa do tamanho da população

Para calcular a estimativa do tamanho da população de forrageiros de cada colônia foram utilizados os seguintes modelos matemáticos: o método da Média Ponderada e o Índice de Lincoln (BEGON, 1979).

Para a estimativa do tamanho da população de forrageamento ($\hat{N}$) por meio do Índice de Lincoln, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\hat{N} = \frac{rn}{m}$$

Na qual, r é o número de indivíduos liberados, n é o número total de indivíduos capturados e m é o número de indivíduos marcados entre os indivíduos capturados num único ciclo de marcação e recaptura. O erro padrão ($EP_{\hat{N}}$) dessa estimativa foi calculado por meio da seguinte fórmula:

$$EP_{\hat{N}} = \sqrt{\frac{r^2(n+1)(n-m)}{(m+1)^2(m+2)}}$$

Para efeito de comparação com a Média Ponderada, a estimativa do tamanho da população pelo Índice de Lincoln foi calculada, separadamente, em cada ciclo do protocolo de marcação e recaptura. A partir desses valores, foi determinada uma média do Índice de Lincoln e do seu correspondente erro padrão. Se nenhum indivíduo marcado foi recapturado em alguns dos ciclos do protocolo, o Índice de Lincoln, correspondente a esse ciclo, não foi calculado (FORSCHLER & TOWNSEND, 1996).

Para o cálculo da estimativa do tamanho da população ($\hat{N}$) através do método da Média Ponderada, foi avaliado o número de indivíduos capturados e

o número de indivíduos liberados nos três ciclos do protocolo de marcação e recaptura nas duas espécies de cupins, segundo a seguinte fórmula:

$$\hat{N} = \frac{\sum M_i \cdot n_i}{(\sum m_i) + 1}$$

Assim, para cada ciclo, n_i é o número de indivíduos capturados, m_i é o número de indivíduos marcados entre os cupins capturados e M_i é o número de indivíduos marcados liberados no primeiro ciclo mais o número de indivíduos adicionais liberados entre o primeiro ciclo (r_1) e o i enésimo ciclo considerado, da seguinte forma: $M_i = r_1 + [(r_2 - m_2) + (r_3 - m_3) \dots + (r_{i-1} - m_{i-1})]$. O erro padrão ($EP_{\hat{N}}$) da estimativa do tamanho da população pelo método da média ponderada foi calculado utilizando a fórmula abaixo:

$$EP_{\hat{N}} = \hat{N} \sqrt{\frac{1}{\sum m_i + 1} + \frac{2}{(\sum m_i + 1)^2} + \frac{6}{(\sum m_i + 1)^3}}$$

Em ambos os modelos matemáticos, o número de operários coletados foi determinado dividindo o peso total desses indivíduos pelo peso médio de cada indivíduo. O peso médio de cada operário foi obtido através da pesagem de 10 grupos de 10 indivíduos, originários das estações de monitoramento com maior atividade para cada colônia, nas duas espécies de cupins. Para a determinação do número de indivíduos corados, unicamente foram contabilizados aqueles indivíduos que apresentaram uma marcação conspícua. A biomassa da população de forrageamento, das duas espécies de cupins, foi avaliada a partir da estimativa do tamanho da população pelo método da média ponderada e do peso médio de cada operário.

O território de forrageamento das colônias de *C. gestroi* e *H. tenuis* foi definido como a área demarcada pelas estações que continham cupins marcados durante os três ciclos de marcação e recaptura. Além disso, foi determinada a distância máxima de forrageamento percorrida pelos cupins, a qual foi definida como a distância compreendida entre duas estações de

monitoramento mais afastadas onde foram encontrados indivíduos corados (SU & SCHEFFRAHN, 1988b).

5.2.4. Avaliação de alguns princípios ativos para o controle do cupim subterrâneo *Coptotermes gestroi*

Os resultados obtidos na avaliação em laboratório (item 5.1.6) permitiram uma seleção dos ingredientes ativos mais promissores para testes em colônias de campo do cupim *C. gestroi*.

Nas três áreas de estudo escolhidas, a técnica de captura e recaptura (item 5.2.1) mostrou a presença de três colônias de *C. gestroi* e três de *H. tenuis*, embora só tenha sido possível marcar duas colônias da última espécie de cupim. Em cada uma das três áreas foram escolhidos os pontos mais infestados pelos cupins para a avaliação dos ingredientes ativos. Nesses pontos, as armadilhas de papelão corrugado, enroladas e envolvidas por embalagens plásticas foram substituídas por estações de monitoramento de tubo de PVC com 14 cm de altura por 11 cm de diâmetro (Figura 5), nas quais foram colocadas as armadilhas de papelão corrugado controle e as iscas.

As armadilhas controle e as iscas utilizadas nesse trabalho foram confeccionadas com papelão corrugado de 2,80 m de comprimento por 13 cm de largura. As armadilhas controle foram impregnadas somente com água. Nas iscas, o papelão corrugado foi dividido ao meio ($1/2$ isca = 1,40 m de comprimento), sendo que apenas metade foi impregnada com o ingrediente ativo escolhido (Figura 6) A impregnação ocorreu por imersão do papelão corrugado em 50 ml da solução, e posteriormente, essa parte da isca foi seca em capela por 24 horas para total evaporação do solvente. Mais tarde, a parte da isca impregnada foi enrolada junto com a outra metade não impregnada (Figura 6).



FIGURA 5 – A. Vista de uma estação de monitoramento (tubo de PVC) utilizada para colocar as armadilhas controle e iscas nos testes de campo. **B.** Detalhe de uma isca de papelão corrugado sendo retirada da estação de monitoramento.

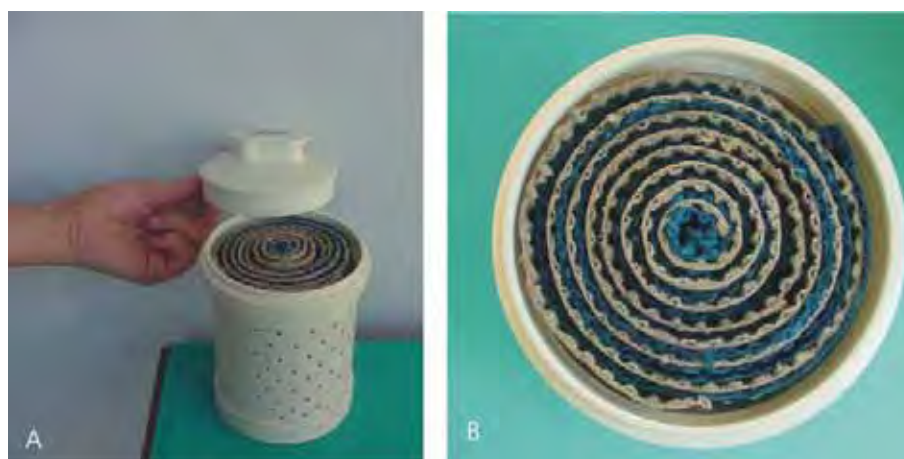


FIGURA 6 – A. Vista geral de uma estação de monitoramento (tubo de PVC). **B.** Detalhe da isca mostrando que só uma parte do papelão foi impregnada com o ingrediente ativo (ilustrada na cor azul)

Na área 1 (P.S.) foram escolhidas 40 estações de monitoramento, sendo as 16 estações mais infestadas utilizadas para as iscas (papelão corrugado impregnado com o ingrediente ativo sulfluramida, inicialmente a 0,01 ppm) e as 24 estações restantes utilizadas para as armadilhas controle (somente papelão corrugado) (Figura 7). O tratamento foi realizado durante nove meses e utilizou nesse período 315 armadilhas de papelão corrugado, sendo 190 controles e 125 iscas. Para a impregnação das 125 iscas foi necessário apenas 0,009 mg de sulfluramida.

Na área 2 (L.U.) foram colocadas 12 estações de monitoramento, sendo 7 para armadilhas controle e 5 para as iscas (papelão corrugado impregnado com hidrametilnona, inicialmente a 200 ppm) (Figura 8). O tratamento foi realizado durante 14 meses e utilizou 168 armadilhas de papelão corrugado, sendo 85 controles e 83 iscas. A quantidade de hidrametilnona usada para impregnar as 83 iscas foi de 99,4 mg.

Na área 3 (S.O.R.) foram colocadas 11 estações de monitoramento, sendo 5 para armadilhas controle e 6 para as iscas (papelão corrugado impregnado com ciromazina a 15.000 ppm) (Figura 9). O tratamento foi realizado durante seis meses e nesse período foram utilizadas 315 armadilhas de papelão, sendo 190 armadilhas controle e 125 iscas. Para o tratamento dessas 125 iscas foram usados 1.003,8 mg de ciromazina.

A troca de ambas armadilhas, controle e iscas, foram realizadas mensalmente. A avaliação do número de indivíduos em cada estação de monitoramento foi realizada pela atribuição de notas para a população de cupins de acordo com a seguinte escala: 0 – ausência de cupim; 1 – de 1 a 500 cupins; 2 – de 500 a 1.000 cupins; 3 – de 1.000 a 5.000 cupins; 4 – de 5.000 a 10.000 cupins e 5 - mais de 10.000 cupins. Os resultados obtidos para cada área foram submetidos a uma análise gráfica. Além disso, o consumo do papelão corrugado foi avaliado por meio da análise visual da porcentagem que variou de 0 a 100%. Os valores obtidos incluíram tanto o consumo da espécie *C. gestroi* como de *H. tenuis*, quando presente. Este método foi utilizado devido a grande quantidade de solo e material fecal que os cupins depositam nas armadilhas de papelão corrugado, o que compromete a obtenção do peso real da isca (SU *et al.*, 2000).

As porcentagens médias do consumo do papelão corrugado referente a cada área estudada foram submetidas à análise gráfica e estatística. A análise estatística foi efetuada pelo teste não-paramétrico Mann-Whitney ($P < 0,05$), do pacote estatístico BioEstat 4.0 (AYRES *et al.*, 2005), uma vez que as amostras não apresentaram distribuição normal e as variâncias foram heterogêneas. Os dados da porcentagem de consumo foram transformados por $\sqrt{x + 0,5}$ antes da aplicação dos testes estatísticos.

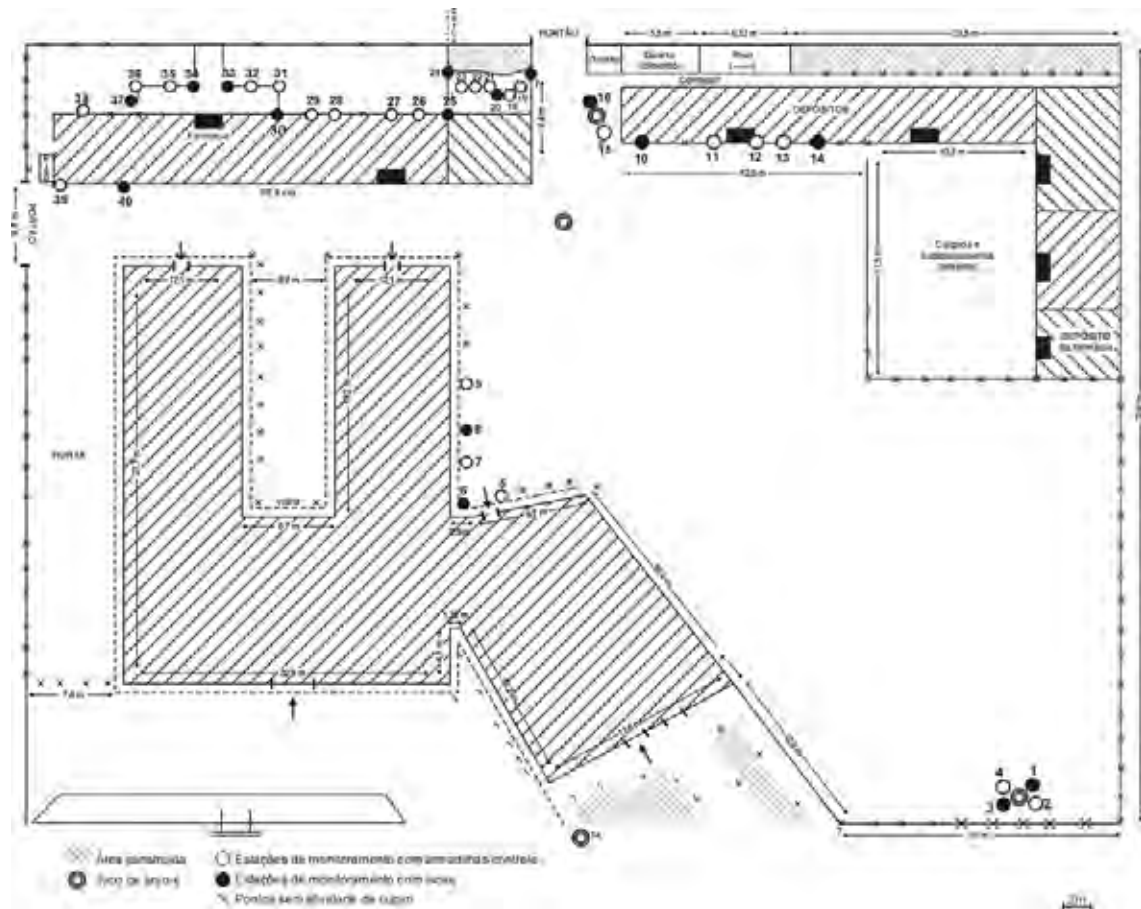


FIGURA 7. Território de forrageamento (Área 1) de uma colônia de *C. gestroi* (área sombreada com linha contínua) e uma de *H. tenuis* (área sombreada com linha pontilhada) na área I. Os círculos pretos indicam as estações de monitoramento com iscas de sulfluramida e os círculos brancos indicam as estações de monitoramento com armadilhas controle.

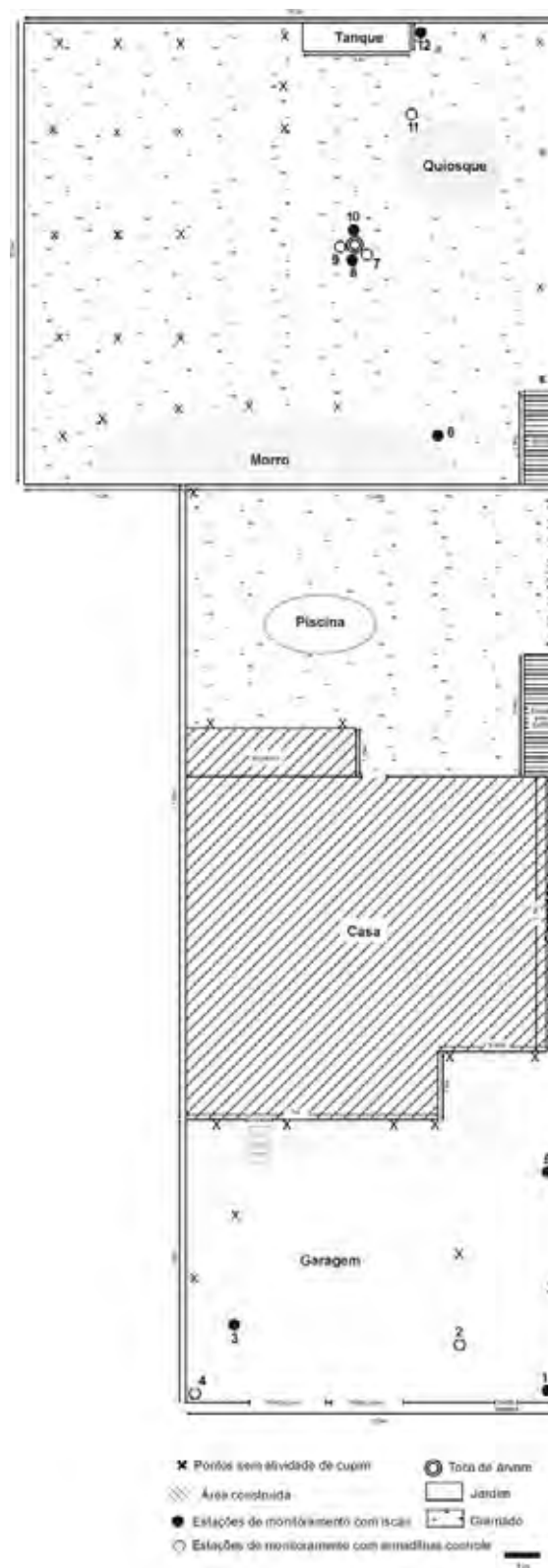


FIGURA 8. Território de forrageamento (Área 2) de uma colônia de *C. gestroi* (área sombreada com linha contínua) e uma de *H. tenuis* (área sombreada com linha pontilhada). Os círculos pretos indicam as estações de monitoramento com iscas de hidrametilnona e os círculos brancos indicam as estações de monitoramento com armadilhas controle.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Testes de laboratório

Para os ingredientes ativos ácido bórico e ciromazina foram utilizados como solvente apenas água. Nesse caso, os resultados do controle 1 (solvente água) foram comparados a todos os tratamentos. Já, para as outras substâncias testadas (piriproxifen, hidrametilnona, fipronil e sulfluramida) foi necessário diluí-las no solvente acetato de etila (controle 2). Para esses quatro últimos produtos, os resultados do controle 1 (água) e controle 2 (solvente acetato de etila) foram comparados entre si. Além disso, também foi incluído, no caso do primeiro experimento, o controle sem alimento. Quando não havia diferença estatística entre os controles foi utilizado apenas o controle 2 para comparar a taxa de mortalidade com os tratamentos. Esses resultados indicam que o solvente não influenciou a taxa de mortalidade dos operários tratados com os diferentes ingredientes ativos.

6.1.1. Tratamento com o ingrediente ativo sulfluramida

Os resultados em placa de Petri (experimento 1) com soluções de sulfluramida indicam uma rápida mortalidade (2 a 5 dias), em operários de *C. gestroi* nas concentrações de 1.000 e 10.000 ppm. Já para as concentrações de 50 e 100 ppm, a mortalidade total foi mais lenta, ou seja, de aproximadamente 10 dias. A concentração de 10 ppm causou uma mortalidade

final após 20 dias. Enquanto, a concentração de 1 ppm obteve alta mortalidade (aproximadamente 6 dias), esse resultado está mais próximo das maiores concentrações testadas (1.000 e 10.000 ppm), talvez esse resultado tenha ocorrido devido a alguma contaminação não visível nas placas de Petri. A concentração de 0,1 ppm resultou em uma mortalidade rápida (14 dias) em relação às concentrações de 10 ppm e 0,01 ppm. As concentrações de 0,01 ppm, 0,001ppm e 0,0001ppm resultaram em uma mortalidade (90 a 100%) em aproximadamente 25 dias (Tabela 3).

TABELA 3 – Porcentagem de mortalidade acumulada, sobrevivência mediana e teste de eficiência dos tratamentos com o ingrediente ativo sulfluramida nas diferentes concentrações e controle.

Concentração	% de mortalidade acumulada por dia									S ₅₀ **	Abbott
	1	3	6	9	12	15	18	21	25		
Controle*	0	0	1	3	6	8	14	18	31	>25a	-
0,0001 ppm	0	3	18	36	58	69	75	85	90	12d	86%
0,001 ppm	0	12	43	62	70	77	84	89	100	8d	100%
0,01 ppm	1	8	27	48	61	73	82	87	100	10d	100%
0,1 ppm	2	33	62	79	93	100				5d	100%
1 ppm	6	78	100							1d	100%
10 ppm	0	1	1	2	9	41	66	100		16d	100%
50 ppm	0	0	1	27	100					10d	100%
100 ppm	0	0	4	49	100					10d	100%
1.000 ppm	0	9	100							4d	100%
10.000 ppm	40	100								1d	100%

Controle* = solvente acetato de etila P.A.; **S₅₀****= sobrevivência 50%. Letras diferentes após o valor do S₅₀ mostram diferenças significativas de acordo com o log-rank test (b=0,01<p<0,05; c=p<0,01; d=p<0,0001 em relação ao controle); **Abbott** = porcentagem de eficiência.

A análise estatística da curva de sobrevivência revelou que todas as concentrações testadas apresentaram toxicidade significativa em relação ao controle. De acordo com o teste log-rank, os valores de qui-quadrado (χ^2) para cada curva de sobrevivência testada foram: 420,6 e $p < 0,0001$ (0,0001 ppm); 591,7 e $p < 0,0001$ (0,001 ppm); 601,0 e $p < 0,0001$ (0,01 ppm); 881,1 e $p < 0,0001$ (0,1 ppm); 914,6 e $p < 0,0001$ (1 ppm); 516,2 e $p < 0,0001$ (10 ppm);

654,3 e $p < 0,0001$ (50 ppm); 687,8 e $p < 0,0001$ (100 ppm); 759,1 e $p < 0,0001$ (1.000 ppm); 799,0 e $p < 0,0001$ (10.000 ppm), sendo todas as curvas significativamente diferentes em relação ao controle ($p < 0,05$), admitindo a associação entre o ingrediente ativo testado e o aumento da mortalidade (Figura 10).

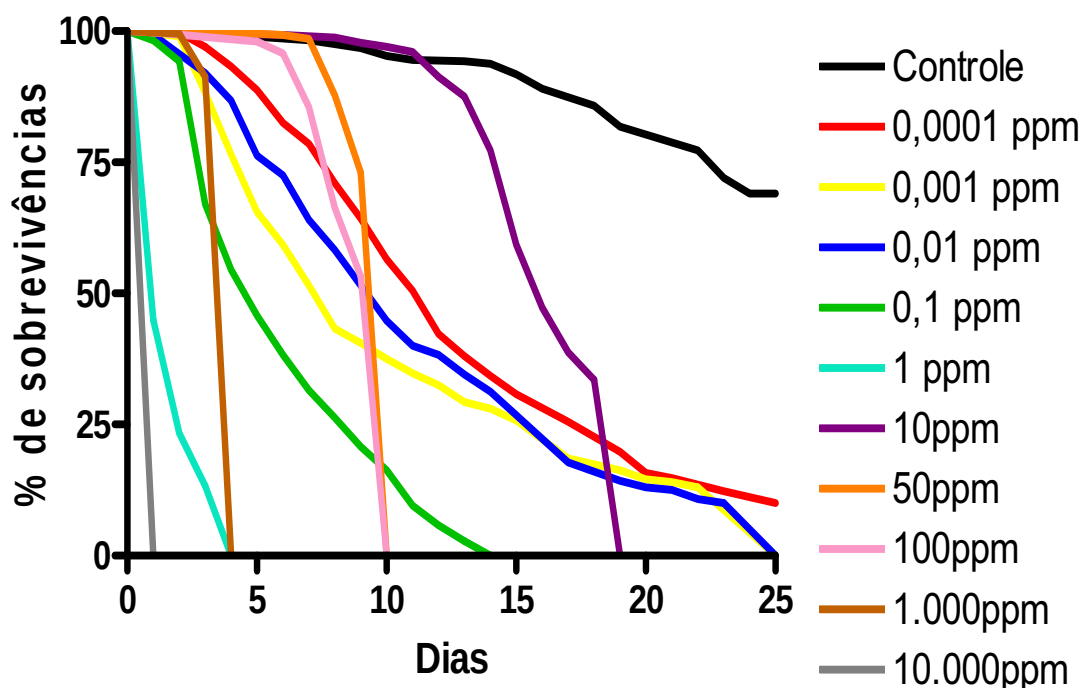


FIGURA 10 – Curva de sobrevivência dos operários de *C. gestroi* (n = 400), submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com sulfluramida nas diferentes concentrações e controle.

A sobrevivência mediana (calculada para 50% da população) no tratamento controle não foi definida devido à baixa mortalidade dos operários durante os 25 dias do experimento. Nos outros tratamentos, a sobrevivência mediana foi de 12 dias para a concentração de 0,0001ppm, 8 dias para a concentração de 0,001ppm, 10 dias para a concentração de 0,01ppm, 5 dias para a concentração de 0,1ppm, 16 dias para a concentração de 10 ppm, 10 dias para as concentrações de 50 e 100 ppm, quatro dias para a concentração de 1.000 ppm e um dia para as concentrações de 1 e 10.000 ppm (Tabela 3). Assim, observamos que a sobrevivência mediana nos tratamentos de 0,0001; 0,001 e 0,01 ppm foram de 12, 8 e 10 dias, respectivamente, indicando uma

sobrevivência suficiente para que esses operários contaminem muitos outros indivíduos via trofalaxia (troca de alimento) e “grooming” (limpeza entre membros da colônia), causando, posteriormente, a morte dos reprodutores e o declínio da colônia (THORNE e TRANIELO, 1994).

A eficiência do ingrediente ativo sulfluramida foi avaliada pela fórmula de Abbott (NAKANO et al., 1981), resultando em 86% de eficiência com relação à mortalidade para a menor concentração (0,0001 ppm) e 100% de eficiência para todas as demais concentrações testadas (Tabela 3).

O consumo do papelão corrugado com sulfluramida nas concentrações 0,0001; 0,001; 0,01; 0,1; 10 e 50 ppm não diferiram estatisticamente do controle ($p < 0,05$; Kruskal Wallis U e Dunn's; Figura 8). Embora, os valores de consumo para as concentrações de 0,1 ppm, 10 ppm e 50 ppm foram menores que o controle, indicando diminuição ou interrupção da alimentação dos cupins pelo alimento impregnado com sulfluramida dependendo da concentração. Para a concentração de 1 ppm o consumo foi muito pequeno ($p < 0,0001$ Kruskal Wallis U e Dunn's; Figura 11), sugerindo algum problema durante o bioensaio para esta concentração. Na concentração de 100 ppm, o consumo foi menor que no controle, diferindo estatisticamente do mesmo ($p < 0,01$ Kruskal Wallis U e Dunn's; Figura 11) e para as concentrações de 1.000 e 10.000 ppm, os valores consumidos foram ínfimos ($p < 0,0001$ Kruskal Wallis U e Dunn's; Figura 11), demonstrando que o baixo consumo pode ser atribuído à interrupção da alimentação (“feeding deterrent”), o que excluiriam essas concentrações como ideais para uma isca.

Segundo os resultados obtidos no experimento 1, as concentrações de 0,0001; 0,001; 0,01; 0,1 e 1 ppm foram indicadas para uma segunda etapa de testes (experimento 2), para uma seleção das concentrações candidatas à formulação em iscas tóxicas, no qual foi utilizado um número maior de cupins durante um maior tempo.

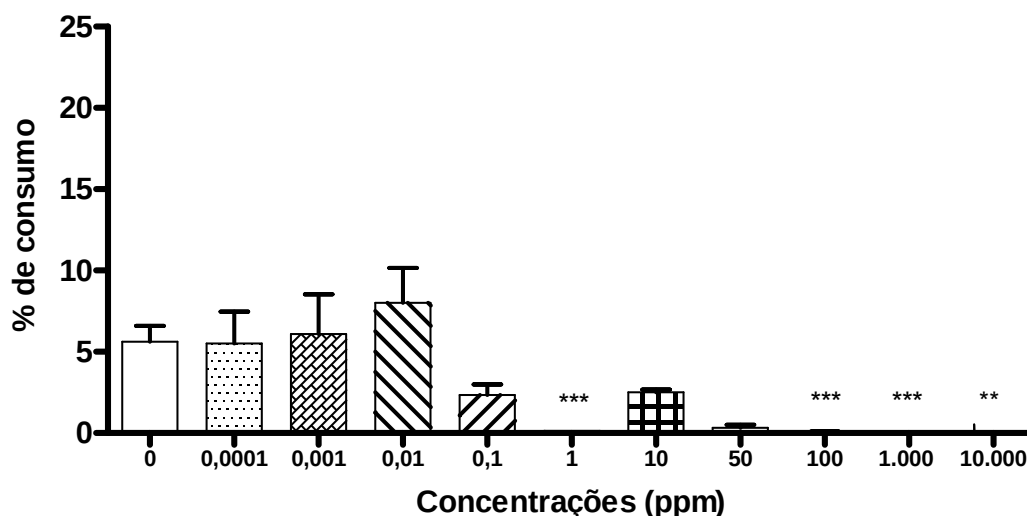


FIGURA 11 – Média e desvio padrão da porcentagem de consumo do papelão impregnado com o ingrediente ativo sulfluramida nas diferentes concentrações e controle (4 repetições com 100 operários por tratamento). * = indica diferença significativa do valor consumido para cada concentração em relação ao controle (Teste Kruskal-Wallis seguido de uma comparação de grupos pelo método de Dunn's, * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$).

Os resultados da sobrevivência e consumo dos bioensaios (Experimento 2) com as concentrações acima estão descritos a seguir. Após 14 dias, com relação à sobrevivência ocorreu diferença estatística quando comparada ao controle apenas na concentração de 0,1 ppm, com 100% de mortalidade. Enquanto, nas demais concentrações (0,001; 0,01 e 1 ppm) a sobrevivência não diferiu estatisticamente do controle. A análise dos dados de consumo para os primeiros 14 dias de exposição ao ingrediente ativo sulfluramida indicou diferença estatística apenas na concentração de 0,1 ppm, provavelmente devido à alta mortalidade desses indivíduos em apenas 14 dias. Nas concentrações 0,001, 0,01 e 1 ppm, não ocorreram diferença estatística em relação ao controle (Tabela 4, Figura 12) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

Na segunda observação realizada com 21 dias, a sobrevivência dos cupins foi estatisticamente diferente do controle em todas as concentrações analisadas. Contudo, o consumo não diferiu estatisticamente do controle em nenhuma das concentrações testadas (Tabela 4, Figura 13) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

Na terceira observação realizada com 28 dias, a sobrevivência dos cupins nas concentrações de 0,001 e 0,01 ppm não diferiu estatisticamente do controle. As demais concentrações diferiram estatisticamente do controle, sendo a mortalidade de 100%. O consumo não diferiu estatisticamente do controle em nenhuma das concentrações testadas (Tabela 4, Figura 14) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

Na quarta avaliação realizada com 35 dias, a sobrevivência e o consumo dos cupins não diferiram estatisticamente do controle nas concentrações de 0,001 e 0,01 ppm. As concentrações de 0,1 e 1 ppm obtiveram 100% de mortalidade, sendo estatisticamente diferente do controle. Com relação ao consumo, apenas as concentrações citadas anteriormente diferiram do controle (Tabela 4, Figura 15) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

A eficiência do ingrediente ativo sulfluramida foi avaliada pela fórmula de Abbott (NAKANO *et al.*, 1981), obtendo 100% de eficiência nas concentrações de 0,1 e 1 ppm, embora essa mortalidade tenha ocorrido com menos de 21 dias. Para a concentração de 0,01 ppm a eficiência foi de 73% após 35 dias. Enquanto, para a concentração de 0,001 ppm a eficiência foi de apenas 5% (Tabela 4).

TABELA 4 – Porcentagens média* ($\pm$ EP) de sobrevivência e de consumo de *C. gestroi* após 14, 21, 28 e 35 dias expostos ao tratamento com o ingrediente ativo sulfluramida nas diferentes concentrações e controle.

Concentração (ppm)	% de sobrevivência ^a , consumo ^b e Abbott**											
	14			21			28			35		
	S ^a	C ^b	S ^a	S ^a	C ^b	S ^a	S ^a	C ^b	S ^a	S ^a	C ^b	Abbott**
0	64,1 $\pm$ 2,1a	48,1 $\pm$ 6,0a	86,4 $\pm$ 8,7a	54,0 $\pm$ 8,7a	54,0 $\pm$ 14,4a	54,3 $\pm$ 7,2a	54,3 $\pm$ 7,2a	31,7 $\pm$ 8,0a	40,8 $\pm$ 6,2a	40,8 $\pm$ 6,2a	67,0 $\pm$ 1,4a	--
0,001	41,0 $\pm$ 13,7a	46,6 $\pm$ 2,0a	20,0 $\pm$ 20,0b	20,0 $\pm$ 20,0b	35,9 $\pm$ 4,0a	65,9 $\pm$ 22,0a	65,9 $\pm$ 22,0a	57,9 $\pm$ 12,3a	38,9 $\pm$ 10,5a	38,9 $\pm$ 10,5a	77,3 $\pm$ 2,0a	5
0,01	57,7 $\pm$ 3,1a	36,6 $\pm$ 9,5a	16,0 $\pm$ 16,0b	16,0 $\pm$ 16,0b	38,9 $\pm$ 7,1a	33,6 $\pm$ 17,1a	33,6 $\pm$ 17,1a	48,8 $\pm$ 15,7a	11,2 $\pm$ 9,5a	11,2 $\pm$ 9,5a	56,2 $\pm$ 10,8a	73
0,1	0,0 $\pm$ 0,0b	13,8 $\pm$ 2,0b	0,0 $\pm$ 0,0b	0,0 $\pm$ 0,0b	16,7 $\pm$ 6,4a	0,0 $\pm$ 0,0b	0,0 $\pm$ 0,0b	27,2 $\pm$ 3,1a	0,0 $\pm$ 0,0b	0,0 $\pm$ 0,0b	27,1 $\pm$ 6,9b	100
1	63,7 $\pm$ 8,6a	45,3 $\pm$ 5,2a	9,3 $\pm$ 8,5b	9,3 $\pm$ 8,5b	33,5 $\pm$ 6,7a	0,0 $\pm$ 0,0b	0,0 $\pm$ 0,0b	16,9 $\pm$ 6,8a	0,0 $\pm$ 0,0b	0,0 $\pm$ 0,0b	34,2 $\pm$ 4,6b	100

Porcentagem média* = 4 repetições por período (16 repetições no total); **Letras diferentes comparadas com o controle:** indicam diferenças significativas ($b = p < 0,05$; $c = p < 0,01$ em relação ao controle) ($p < 0,05$; Anova, programa GLM; Tukey HSD) (SAS, 1996). **Abbott**** = Porcentagem de eficiência do ingrediente ativo com 35 dias de observação. **S^a** = Sobrevivência e **C^b** = Consumo

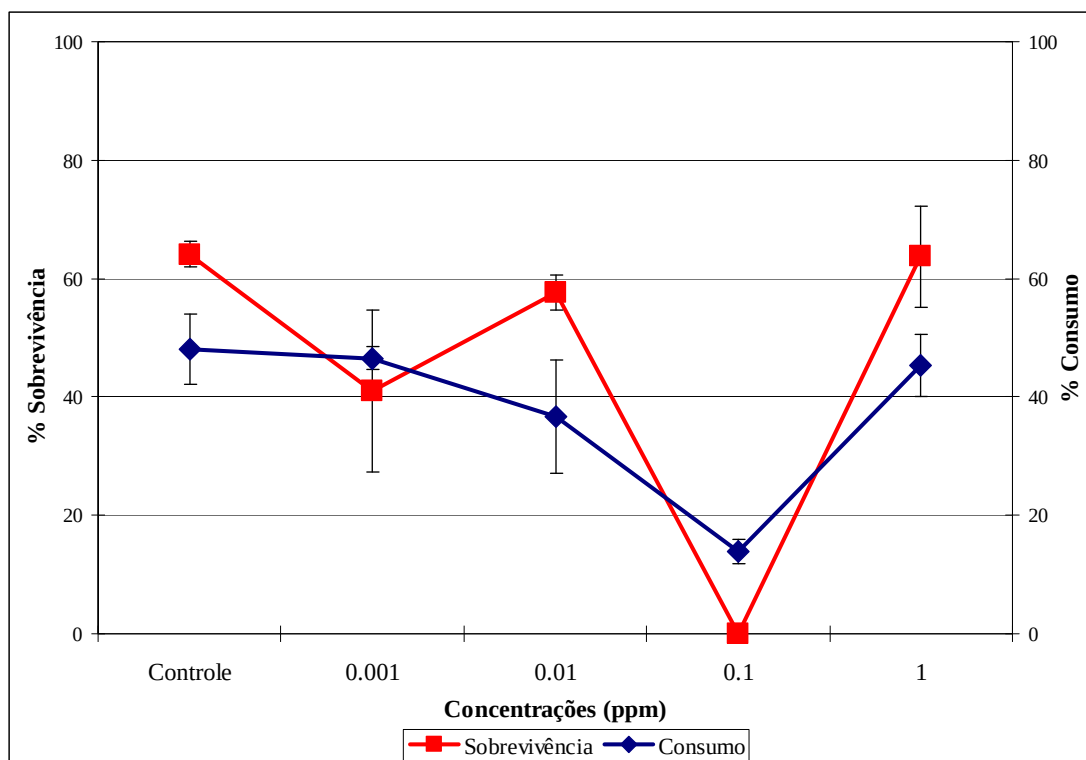


FIGURA 12 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com sulfluramida nas diferentes concentrações estudadas, observadas com duas semanas (14 dias).

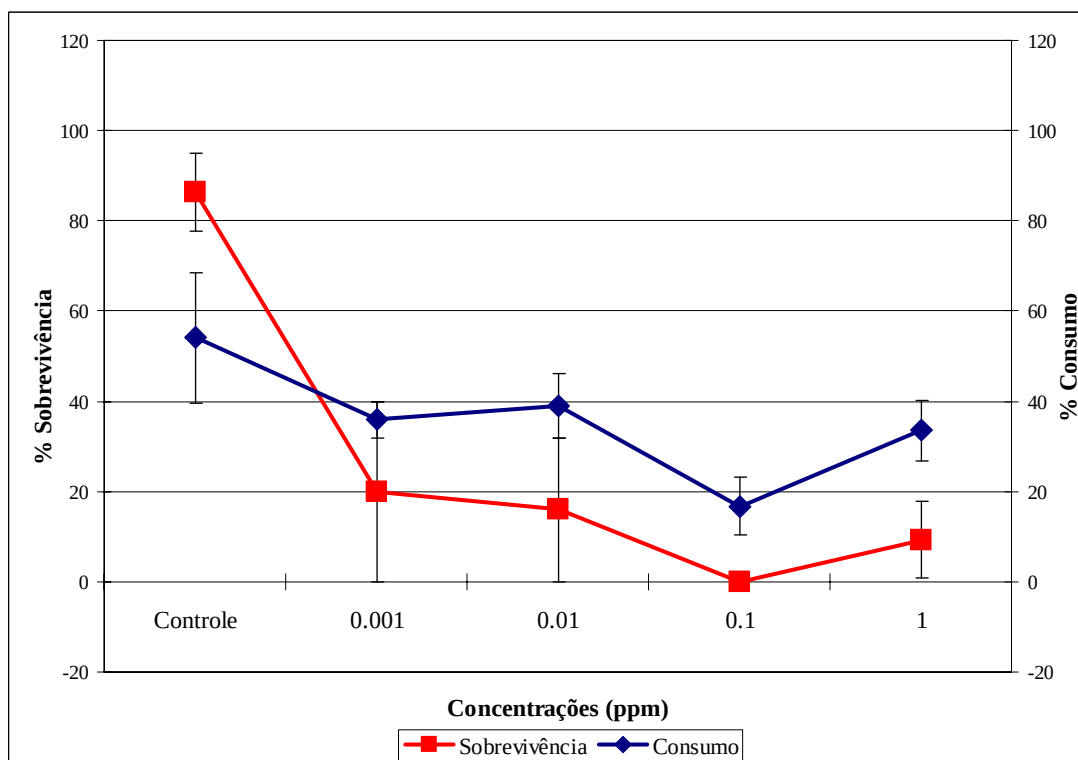


FIGURA 13 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com sulfluramida nas diferentes concentrações estudadas, observadas com três semanas (21 dias).

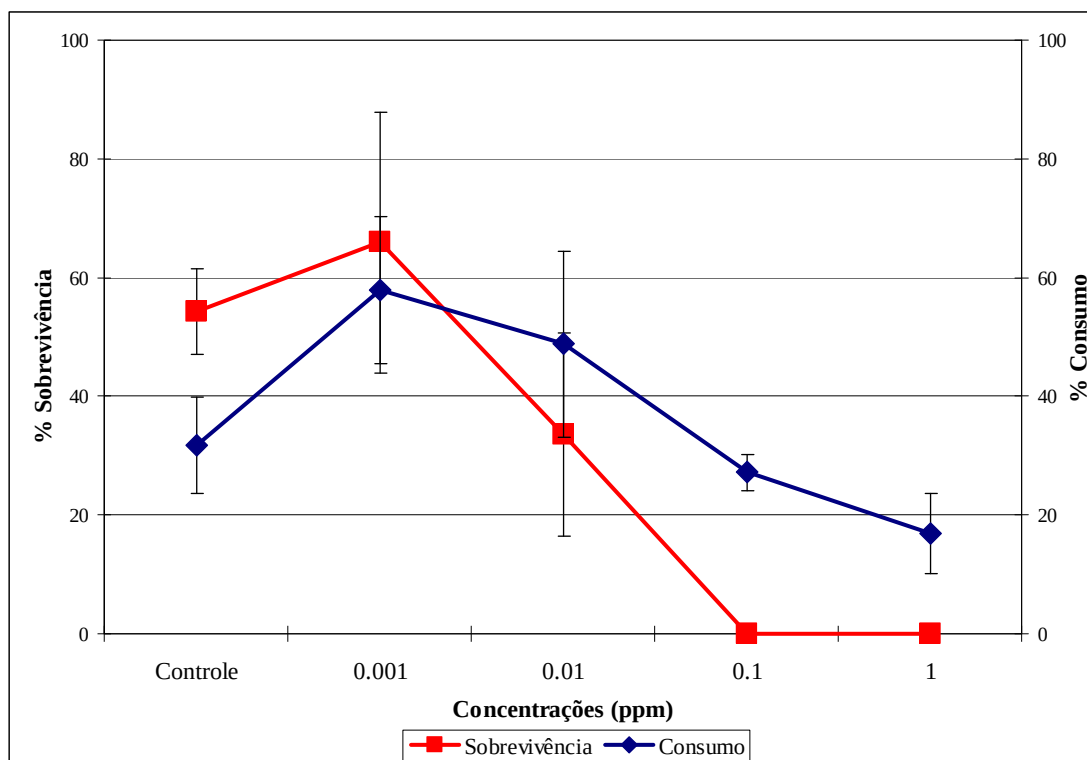


FIGURA 14 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com sulfluramida nas diferentes concentrações estudadas, observadas com quatro semanas (28 dias).

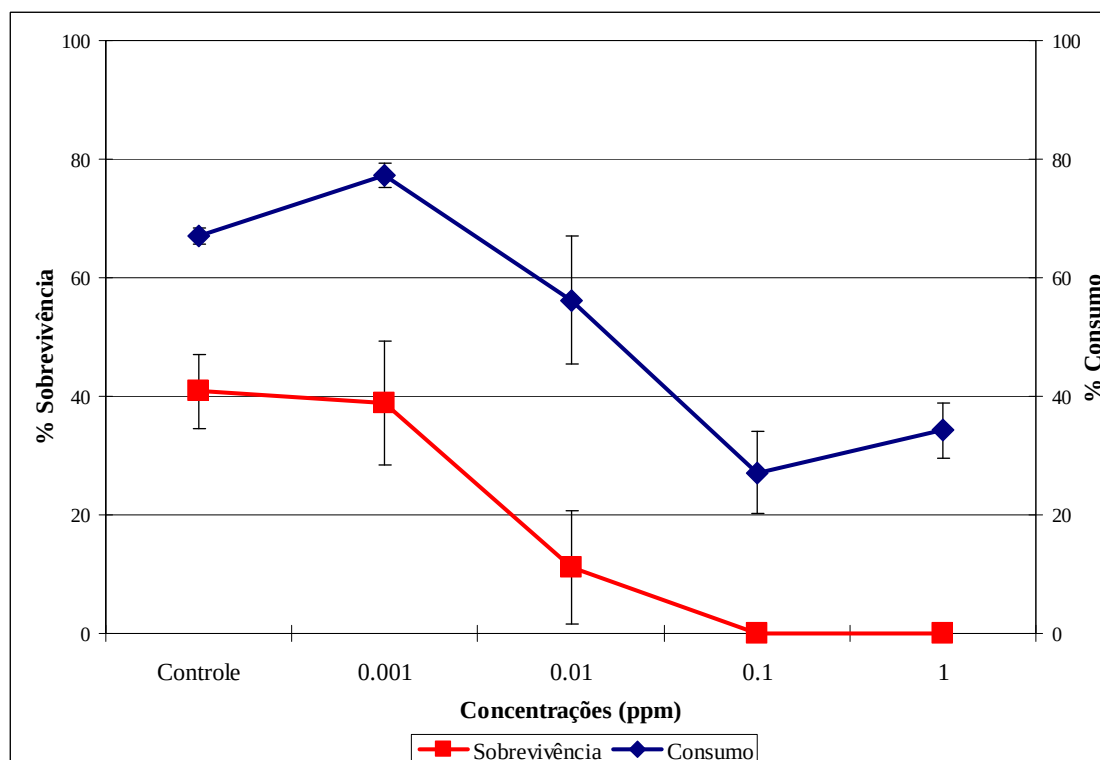


FIGURA 15 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com sulfluramida nas diferentes concentrações estudadas, observadas com cinco semanas (35 dias).

Para o ingrediente ativo sulfluramida os dados de curva de sobrevivência (experimento 1) indicaram que concentrações entre 0,0001 e 0,01 ppm apresentaram os melhores resultados. Além disso, sua ação mostrou uma sobrevivência mediana ao redor de 10 dias o que indicava ser ideal para teste em campo. Contudo, quando foi realizado o segundo experimento com maior número de indivíduos e por um maior tempo, os resultados tiveram um novo rearranjo.

Os resultados do segundo experimento com sulfluramida demonstraram que as concentrações de 0,1 e 1 ppm possuem ação rápida, sendo que a mortalidade total nos bioensaios ocorreu próxima aos 21 dias. O ideal para esses experimentos seria uma mortalidade total com 35 dias, para que os operários em campo não percebam a presença do inseticida entre eles até atingir os indivíduos no ninho. A concentração de 0,01 ppm demonstrou ser uma forte candidata para o uso em isca (89% em 35 dias). Enquanto, a concentração de 0,001 ppm não atingiu a mortalidade esperada de 100%, apenas 61% em 35 dias. Assim, a concentração de 0,01 ppm parece a mais indicada para o teste em campo.

Su & Scheffrahn (1988a) verificaram que altas concentrações de sulfluramida (> 10 ppm) impregnadas em celulose causaram rápida mortalidade (até 12 dias) nos cupins *Coptotermes formosanus* durante bioensaios de alimentação forçada. Em bioensaios com os cupins *C. formosanus* e *Reticulitermes flavipes*, Su & Scheffrahn (1991) verificaram mortalidade significativa quando os insetos foram alimentados com pedaços de madeira tratados com concentrações iguais ou maiores a 4 ppm (mortalidade igual ou maior a 68%) para *C. formosanus* e concentrações iguais ou maiores a 18 ppm (mortalidade igual ou maior a 80%) para *R. flavipes*, após 8 semanas de tratamento. Nas 4 primeiras semanas uma mortalidade significativa (73,8% e 49,5%) foi observada para as maiores concentrações testadas (10 e 30 ppm para *C. formosanus* e *R. flavipes*, respectivamente). Com relação ao tempo letal, posteriormente, Su *et al.* (1994) e Su & Scheffrahn (1996a) relataram que esse fator foi dependente da concentração. Assim, 90% dos operários de *C. formosanus* foram mortos 16 horas após a ingestão de 24 µg/g de sulfluramida,

enquanto nível de mortalidade similar foi obtido na concentração de 9 µg/g, após 11,5 dias de tratamento.

Grace *et al.* (2.000) também realizaram experimentos laboratoriais com o cupim subterrâneo *C. formosanus* para testar a eficiência da sulfluramida. Eles utilizaram papel filtro impregnado com 10, 100 e 1.000 ppm de sulfluramida, resultando em uma completa mortalidade dos operários após 13, 5 e 3 dias, respectivamente. Os autores relataram ainda, que quando os cupins foram expostos a papéis de filtro tratados com 20 ppm de sulfluramida, por apenas 24 horas, nenhuma mortalidade foi observada, indicando que a alimentação repetitiva foi necessária em baixas concentrações para obter uma concentração letal.

No presente trabalho foi verificada mortalidade significativa (89%), no período de 35 dias, para a concentração de 0,01 ppm, valor bem menor do que aqueles encontrados na literatura para o mesmo período. Além disso, os resultados encontrados em laboratório sugerem que o cupim *C. gestroi* é mais resistente a sulfluramida que o cupim *C. formosanus*. Assim, comparando a sobrevivência das duas espécies, nas mesmas concentrações (10 ppm), pode-se observar que *C. gestroi* sobreviveu o dobro de tempo quando comparado com os dados de GRACE *et al.* (2.000).

Com relação ao consumo, Su & Scheffrahn (1991) avaliaram blocos tratados com sulfluramida e oferecidos aos cupins durante 8 semanas e concluíram que para a concentração de 10 ppm ocorreu uma diminuição, e posteriormente, interrupção da alimentação ao longo das semanas. Henderson & Forschler (1996 *apud* GRACE *et al.* 2.000), também descreveram a eficiência da sulfluramida em papelão impregnado com 200 e 1.000 ppm, com total eliminação do cupim subterrâneo *C. formosanus* em campo, embora tenham notado alguma repelência do ingrediente ativo nessas concentrações. Essa repelência ou diminuição do consumo também foi notada nesse trabalho para as concentrações igual ou maior a 10 ppm. Enquanto, para a concentração de 0,01 ppm (experimento 2), o consumo foi muito próximo ao controle, sendo mais uma boa razão para testá-la em campo.

De acordo com Schnellmann & Manning (1990), a sulfluramida (N-etil perfluorooctanosulfonamida) e o seu metabólito Desfa (perfluorooctano sulfonamida) atuam no processo de fosforilação oxidativa (respiração aeróbica), nas mitocôndrias, interferindo com a produção de ATP. A ruptura do metabolismo energético e a perda subsequente de ATP resultariam em um aumento lento da toxicidade e os efeitos destes compostos incluiriam a inatividade, paralisia e morte do inseto (TAKAHASHI-DEL-BIANCO, 2002; BLOOMQUIST, 2007).

Gatti & Henderson (1996) relataram que operários de *C. formosanus* em contato com soluções de sulfluramida exibiram “knock down” (“queda”) e incapacidade para corrigir a posição normal. Outras características descritas foram: antenas curvadas, pernas dobradas, abdomens prostrados e tremores nas pernas. Além disso, os soldados perderam a agressividade devido à letargia e, freqüentemente, quando estimulados, não apresentavam resposta.

No presente trabalho, os sintomas de intoxicação verificados nos tratamentos com concentrações de até 0,01 ppm foram os mesmos descritos acima, mas, depois que os cupins caíam com o abdômen para cima, não conseguiam mais voltar à posição inicial.

6.1.2. Tratamento com o ingrediente ativo hidrametilnona

Os resultados em placa de Petri (experimento 1) para o tratamento com o ingrediente ativo hidrametilnona provocou diminuição na sobrevivência dos operários de *C. gestroi* em todas as concentrações testadas, quando comparado ao controle. O controle obteve uma mortalidade de 21% e uma sobrevivência mediana (calculada para 50% da população) maior que 25 dias. Para as concentrações de 100, 250, 500, 1.000 e 10.000 ppm a mortalidade foi de 100% (Tabela 5).

TABELA 5 – Porcentagem de mortalidade acumulada, sobrevivência mediana e teste de eficiência dos tratamentos com o ingrediente ativo hidrametilnona.

Concentração	% de mortalidade acumulada por dia									S ₅₀ **	Abott
	1	3	6	9	12	15	18	21	25		
Controle *	0	1	2	5	8	12	16	18	21	>25a	-
100ppm	0	0	1	18	58	69	85	96	100	12d	100%
250ppm	0	1	23	47	97	100				10d	100%
500ppm	0	0	6	28	100					9d	100%
1.000ppm	1	3	61	76	100					4d	100%
10.000ppm	0	0	69	100						4d	100%

Controle* = solvente Acetato de Etila; **S₅₀****= sobrevivência 50%. Letras diferentes após o valor do S₅₀ mostram diferenças significativas de acordo com o log-rank test (b = 0,01 < p < 0,05; c = p < 0,01; d = p < 0,0001 em relação ao controle); **Abott** = porcentagem de eficiência.

Comparação das curvas de sobrevivência revelou que todas as concentrações testadas apresentaram toxicidade significativa em relação ao controle (Tabela 5). De acordo com o teste log-rank, os valores de qui-quadrado (χ^2) para cada curva de sobrevivência testada foram: 1.196 e $p < 0,0001$ (100ppm); 1590 e $p < 0,0001$ (250ppm); 1.664 e $p < 0,0001$ (500ppm); 2.149 e $p < 0,0001$ (1.000ppm); 1.862 e $p < 0,0001$ (10.000ppm) (Figura 16).

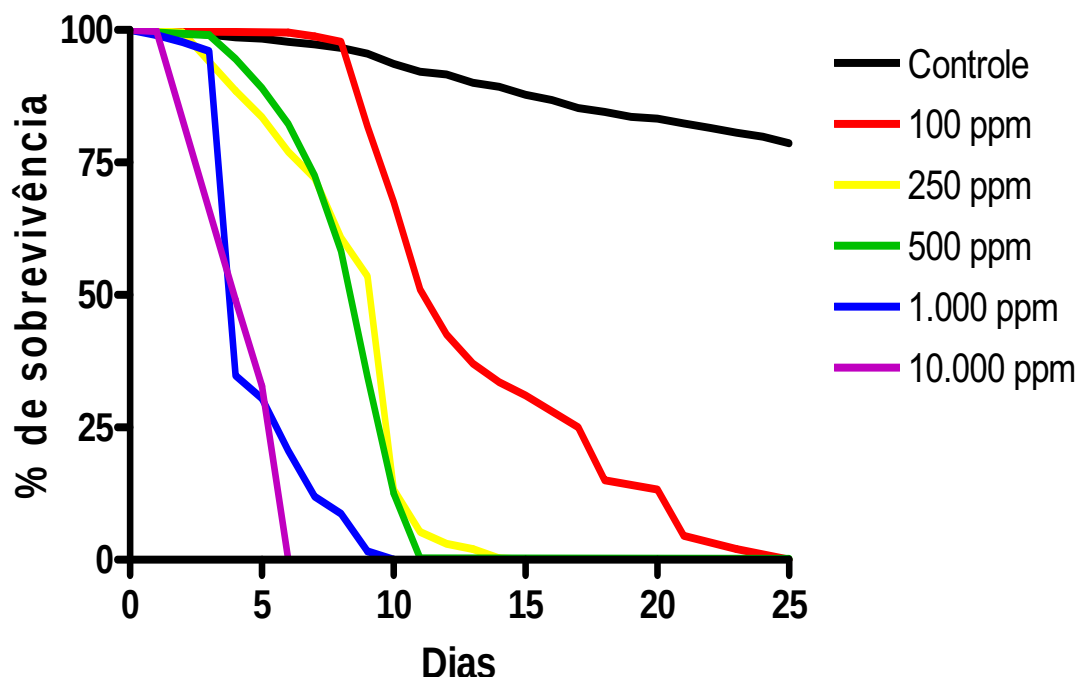


FIGURA 16 – Curva de sobrevivência dos operários de *C. gestroi* (n = 400), submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com hidrametilnona nas diferentes concentrações e controle.

A sobrevivência mediana (S_{50}) do teste log-rank foi avaliada, sendo de apenas 4 dias para as concentrações 1.000 e 10.000 ppm, 9 dias para a concentração de 500 ppm e 10 dias para a concentração de 250 ppm. A concentração de 100 ppm obteve uma sobrevivência mediana de 12 dias (Tabela 5).

A eficiência do ingrediente ativo hidrametilnona foi avaliada pela fórmula de Abbott (NAKANO *et al.*, 1981), resultando em 100% de eficiência com relação à mortalidade para todas as concentrações testadas (100, 250, 500, 1.000 e 10.000 ppm) (Tabela 5).

Os resultados do consumo do papelão corrugado estão apresentados na Figura 17, onde pode ser observado que o consumo nas concentrações de 100, 250 e 500 ppm foram próximos ao controle. Enquanto, nas concentrações de 1.000 e 10.000 ppm o consumo foi significativamente diferente do controle ($p < 0,001$ e $p < 0,01$, respectivamente). Isto indica que nas concentrações de 1.000 e 10.000 ppm ocorreu interrupção da alimentação (“feeding deterrent”).

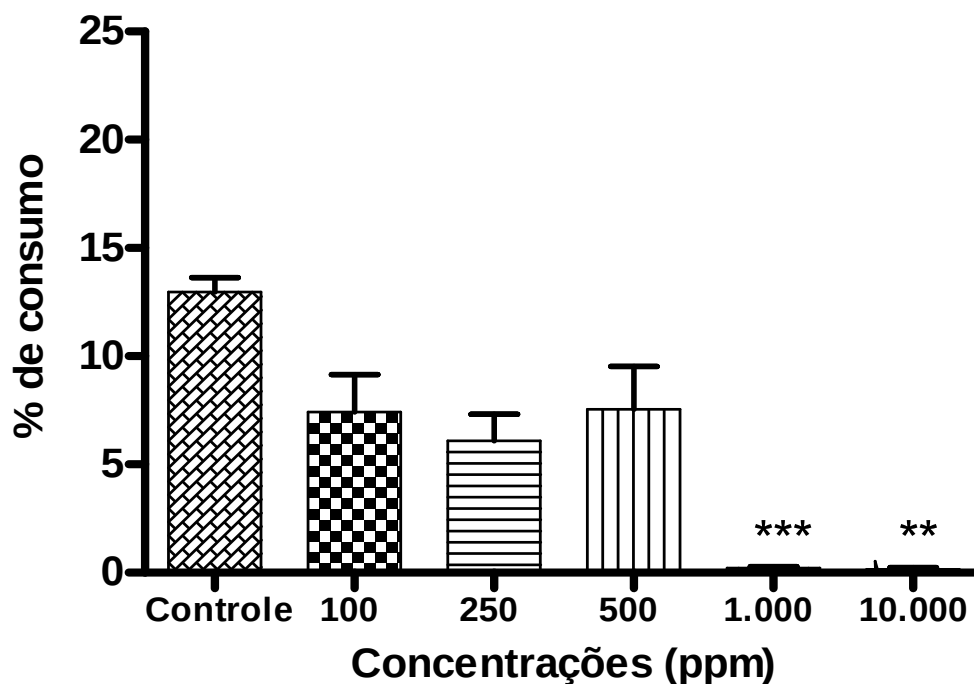


FIGURA 17 – Média e desvio padrão da porcentagem de consumo do papelão impregnado com o ingrediente ativo hidrametilnona nas diferentes concentrações e controle (4 repetições com 100 operários por tratamento). * = indica diferença significativa do valor consumido para cada concentração em relação ao controle (Teste Kruskal-Wallis seguido de uma comparação de grupos pelo método de Dunn's, * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$).

Os resultados obtidos no experimento 1 indicam que a hidrametilnona pode ser usada como um inseticida para a espécie *C. gestroi*, embora mais testes sejam necessários para comprovar sua eficiência ao longo do tempo. Assim, para a segunda etapa dos experimentos em laboratório (experimento 2) foram testadas as concentrações de 50, 60, 80, 85, 90, 100; 150 e 200 ppm.

Os resultados da sobrevivência e consumo dos bioensaios em recipiente plástico (experimento 2) com as concentrações acima estão descritos a seguir. Na primeira observação dos experimentos com 14 dias com relação à sobrevivência ocorreu diferença estatística quando comparada ao controle apenas na concentração de 200 ppm. Enquanto, para todas as outras concentrações testadas a sobrevivência não diferiu estatisticamente do controle (Tabela 6, Figura 18) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). A análise dos dados de consumo para os primeiros 14 dias de exposição ao ingrediente ativo hidrametilnona não indicou diferença estatística em relação ao controle (Tabela 6, Figura 18) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

Contudo, embora, a concentração de 200 ppm tenha resultado em uma maior mortalidade com relação ao controle, o consumo nessa concentração também não diferiu estatisticamente do controle.

Na segunda observação realizada com 21 dias, a sobrevivência dos cupins não diferiu estatisticamente do controle em nenhuma das concentrações testadas (Tabela 6, Figura 19) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). O consumo também não diferiu estatisticamente do controle em nenhuma das concentrações testadas (Tabela 6, Figura 19) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

Na terceira observação realizada com 28 dias, a sobrevivência dos cupins foi estatisticamente diferente do controle na concentração de 200 ppm, com sobrevivência de apenas 3%. Enquanto, em todas as outras concentrações testadas a sobrevivência não diferiu do controle (Tabela 6, Figura 20) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). A porcentagem de papelão corrugado consumida diferiu estatisticamente do controle nas concentrações de 150 e 200 ppm. Enquanto, nas demais concentrações o consumo não diferiu do controle (Tabela 6, Figura 20) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

Na quarta observação realizada com 35 dias, a sobrevivência dos cupins diferiu estatisticamente do controle apenas na concentração de 200 ppm. Contudo, nas demais concentrações os valores de sobrevivência não diferiram do controle (Tabela 6, Figura 21) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). A porcentagem de papelão corrugado consumida diferiu estatisticamente do controle apenas nas concentrações de 150 e 200 ppm. Enquanto, nas demais concentrações o consumo não diferiu do controle (Tabela 6, Figura 21) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

A eficiência do ingrediente ativo hidrametilnona foi avaliada pela fórmula de Abbott (NAKANO *et al.*, 1981), resultando em 88% de eficiência apenas na concentração de 200 ppm, sendo que as demais concentrações obtiveram pouca eficiência (igual ou menor a 12%; Tabela 6).

TABELA 6 – Porcentagens média* ($\pm$ EP) de sobrevivência e de consumo de *C. gestroi* após 14, 21, 28 e 35 dias expostos ao tratamento com o ingrediente ativo hidrametilnona nas diferentes concentrações e controle.

Concentrações (ppm)	% de sobrevivência ^a , consumo ^b e Abbott**									
	14		21		28		35		Abbott**	
	S ^a	C ^b	S ^a	C ^b	S ^a	C ^b	S ^a	C ^b		
0	79,9 $\pm$ 5,2a	62,3 $\pm$ 4,1a	53,6 $\pm$ 8,6a	68,3 $\pm$ 8,8a	69,8 $\pm$ 3,7a	85,0 $\pm$ 3,8a	40,8 $\pm$ 4,1a	89,8 $\pm$ 3,4a	--	
50	65,3 $\pm$ 5,5a	42,5 $\pm$ 11,0a	54,8 $\pm$ 3,3a	71,8 $\pm$ 13,1a	47,3 $\pm$ 6,1a	96,5 $\pm$ 2,1a	35,5 $\pm$ 3,0a	100,0 $\pm$ 0,0a	12	
60	84,8 $\pm$ 3,6a	71,5 $\pm$ 6,9a	68,5 $\pm$ 2,5a	78,8 $\pm$ 6,6a	50,0 $\pm$ 2,7a	94,5 $\pm$ 4,3a	44,8 $\pm$ 17,3a	97,3 $\pm$ 2,8a	-10	
80	63,5 $\pm$ 3,2a	48,5 $\pm$ 8,8a	43,0 $\pm$ 14,4a	62,5 $\pm$ 21,8a	52,3 $\pm$ 14,2a	86,8 $\pm$ 5,3a	43,8 $\pm$ 4,3a	97,8 $\pm$ 2,3a	-7	
85	55,5 $\pm$ 7,0a	59,0 $\pm$ 4,7a	60,5 $\pm$ 7,3a	68,8 $\pm$ 10,3a	67,8 $\pm$ 10,9a	74,5 $\pm$ 6,4a	35,3 $\pm$ 12,2a	84,8 $\pm$ 8,8a	15	
90	68,5 $\pm$ 5,7a	60,0 $\pm$ 5,0a	61,5 $\pm$ 5,5a	68,5 $\pm$ 6,7a	69,3 $\pm$ 9,4a	83,8 $\pm$ 4,7a	45,8 $\pm$ 5,5a	92,3 $\pm$ 4,6a	-12	
100	71,6 $\pm$ 6,8a	55,5 $\pm$ 1,9a	70,2 $\pm$ 5,4a	81,3 $\pm$ 3,5a	54,1 $\pm$ 5,4a	92,1 $\pm$ 3,6a	49,1 $\pm$ 6,3a	94,4 $\pm$ 3,7a	-20	
150	90,0 $\pm$ 5,2a	47,0 $\pm$ 2,5a	60,3 $\pm$ 5,9a	50,8 $\pm$ 7,3a	52,3 $\pm$ 9,0a	48,5 $\pm$ 3,9c	37,3 $\pm$ 1,3a	67,8 $\pm$ 7,4b	10	
200	37,3 $\pm$ 13,6c	42,5 $\pm$ 10,6a	19,8 $\pm$ 2,4a	33,3 $\pm$ 3,1a	3,0 $\pm$ 1,8c	43,5 $\pm$ 1,3c	4,5 $\pm$ 4,5b	42,8 $\pm$ 7,3c	88	

Porcentagem média* = 4 repetições por período (16 repetições no total); **Letras diferentes comparadas ao controle:** indicam diferenças significativas ($b = p < 0,05$; $c = p < 0,01$ em relação ao controle) ($p < 0,05$; Anova, programa GLM; Tukey HSD) (SAS, 1996). **Abbott**** = Porcentagem de eficiência do ingrediente ativo com 35 dias de observação. **S^a** = Sobrevivência e **C^b** = Consumo

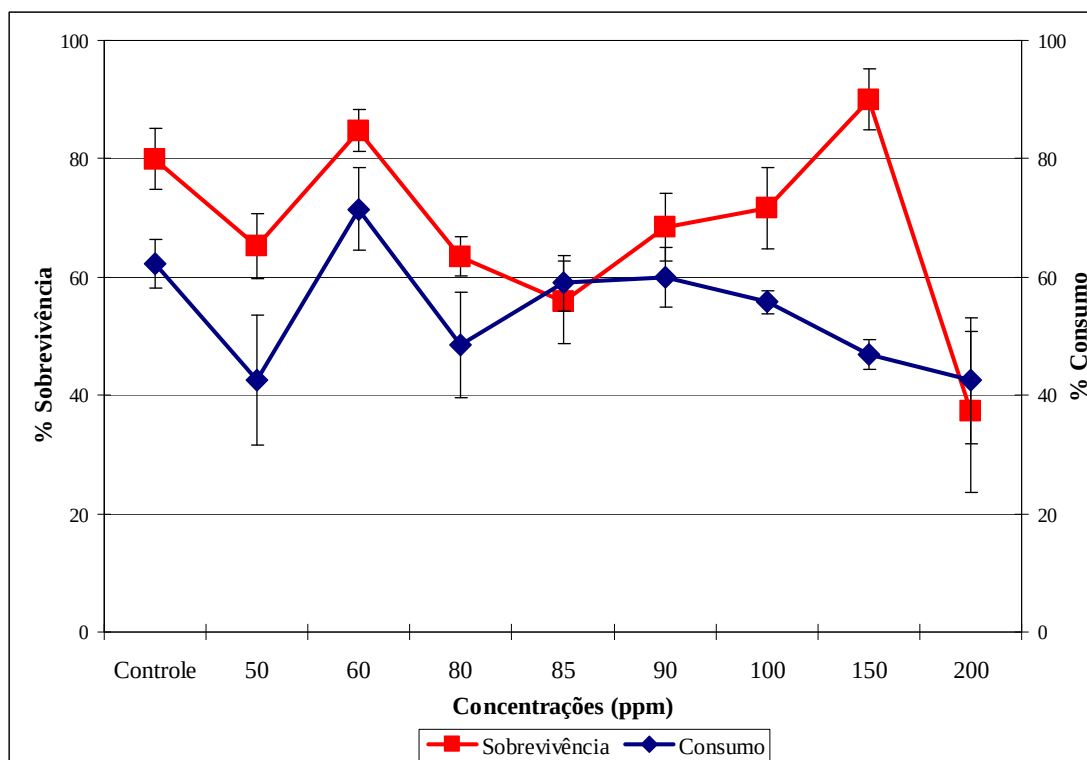


FIGURA 18 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com hidrametilnona nas diferentes concentrações estudadas, observadas com duas semanas (14 dias).

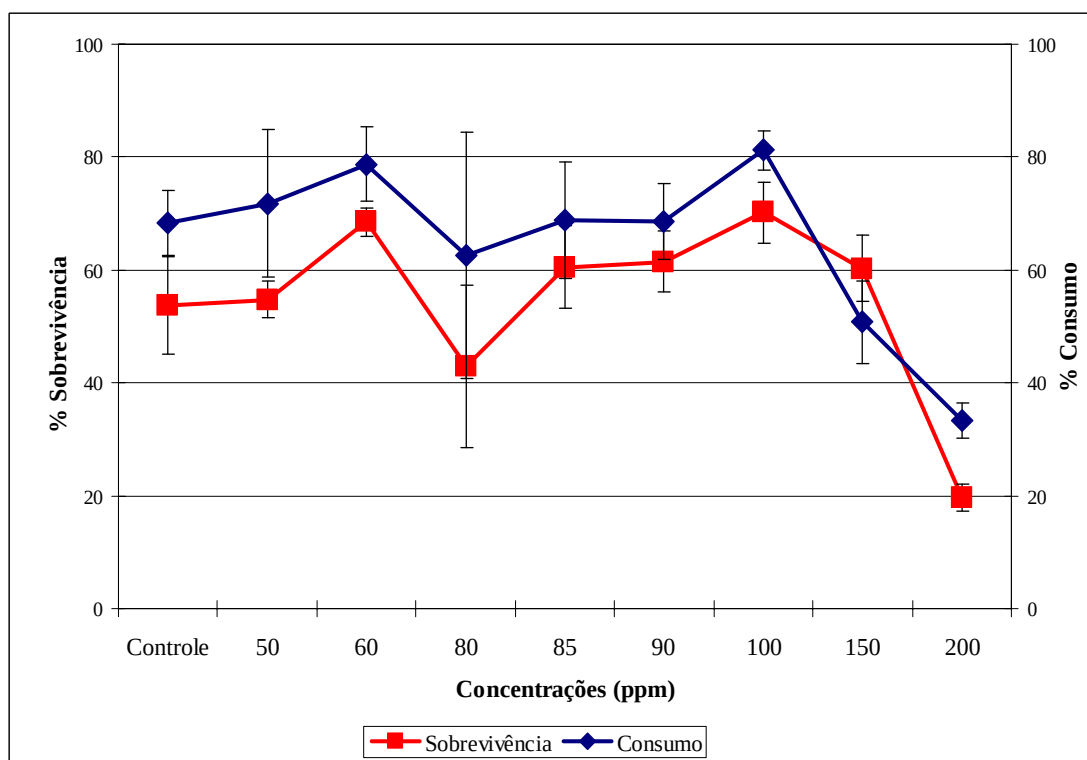


FIGURA 19 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com hidrametilnona nas diferentes concentrações estudadas, observadas com três semanas (21 dias).

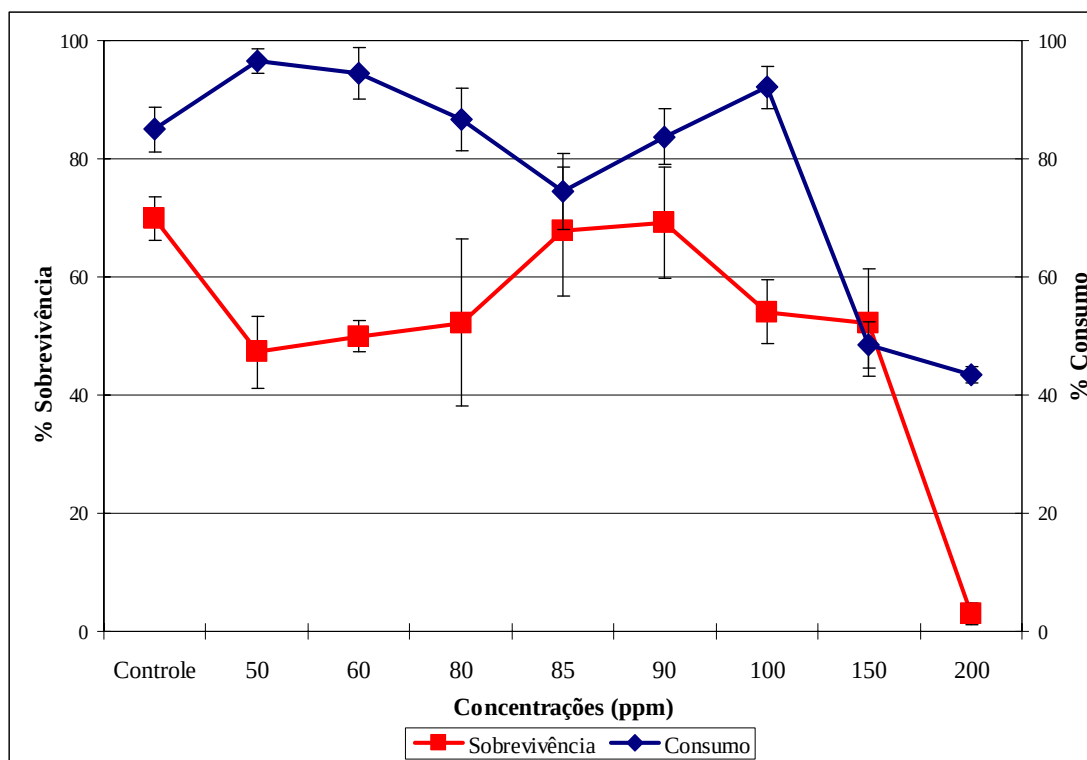


FIGURA 20 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com hidrametilnona nas diferentes concentrações estudadas, observadas com quatro semanas (28 dias).

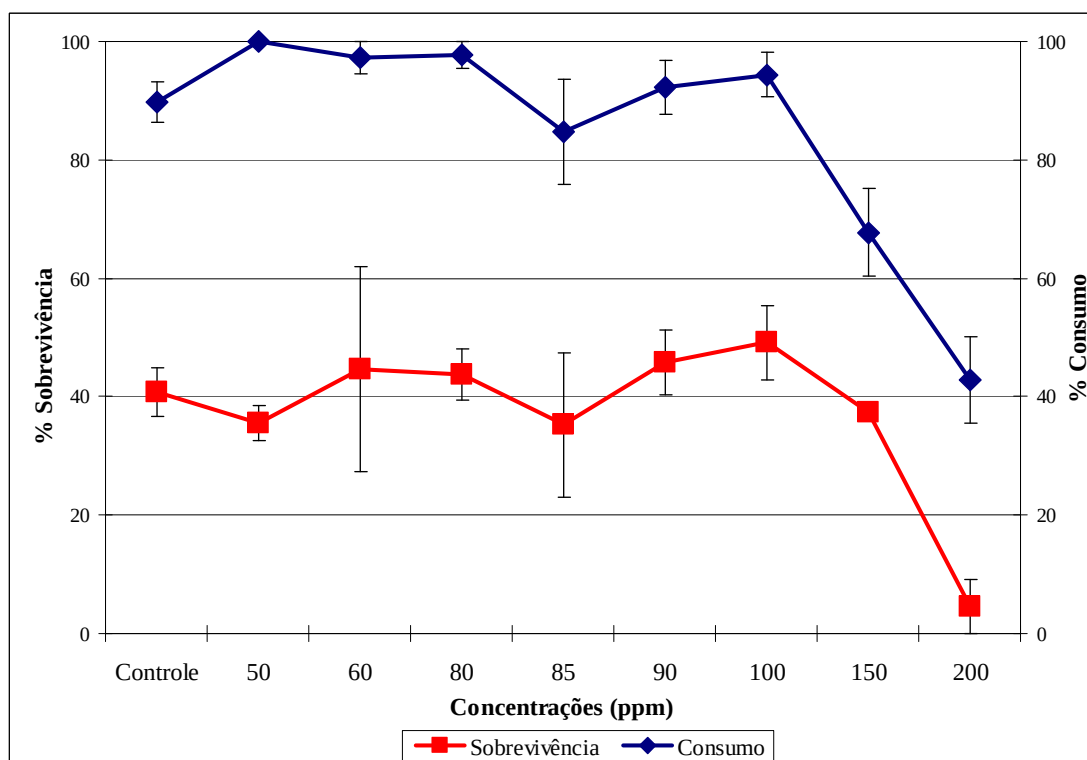


FIGURA 21 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com hidrametilnona nas diferentes concentrações estudadas, observadas com cinco semanas (35 dias).

Nos experimentos com o ingrediente ativo hidrametilnona foi possível observar a intoxicação dos cupins ao longo do tempo apenas nas concentrações de 150 e 200 ppm. Esses indivíduos apresentaram sintomas de intoxicação como dificuldade de locomoção, abdômen achatado e indivíduos imóveis. Para as demais concentrações não foi observada a intoxicação dos cupins ao longo dos 35 dias de alimentação com hidrametilnona.

Gatti & Henderson (1996) relataram que operários de *C. formosanus* em contato com soluções de sulfluramida exibiram “knock down” (“queda”) e incapacidade para corrigir a posição. Outras características descritas foram: antenas curvadas, pernas dobradas, abdomens prostrados e tremores nas pernas. Essas características também foram observadas para os cupins contaminados com o inseticida hidrametilnona.

De acordo com os dados laboratoriais, a concentração de 200 ppm demonstrou ter uma eficiência adequada para o uso em campo. Uma vez que, possui ação lenta e efetiva contra os cupins, com 95% de mortalidade ao final dos experimentos. Além disso, obteve um consumo relativamente bom, aproximadamente 50% do papelão corrugado oferecido, após 35 dias .

Klotz & Reid (1993) analisaram os efeitos tóxicos de hidrametilnona, em dieta, para formigas e verificaram que todas as concentrações (10.000, 5.000, 2.500, 1.000, 500, 250 e 100 ppm) causaram redução significativa na sobrevivência de operárias de *Camponotus pennsylvanicus* (Hymenoptera: Formicidae). Nessas concentrações o TL₅₀ (tempo letal) variou de 5 a 14 dias, após o tratamento e, segundo os autores, o inseticida demonstrou toxicidade com ação retardada.

Hollingshaus & Little (1984) realizaram uma avaliação comparativa da atividade tóxica do inseticida hidrametilnona para vários insetos e verificaram, através de tratamentos por aplicação tópica, que este composto foi altamente tóxico para adultos de *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) e *Blattella germânica* (Dyctioptera, Blattellidae), moderadamente tóxico para lagartas de *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae) e adultos de *Diabrotica undecimpunctata* (Coleoptera: Chrysomelidae) e com pouco efeito para larvas de *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). A incorporação do produto em

isca resultou, segundo os autores, em 95-100% mortalidade após 4 dias para *M. domestica*, *B. germanica* e *S. eridania*, enquanto para *H. virescens* a mortalidade foi de 45% e para *D. undecimpunctata* foi de 18%.

Uma investigação sobre o modo de ação do composto hidrametilnona, utilizando células do ovário de roedores, revelou que este inseticida é um potente inibidor do transporte de elétrons, na respiração mitocondrial, semelhante ao Desfa – metabólito da sulfluramida (BLOOMQUIST, 2007). De acordo com Hollinshaus (1987), os primeiros sintomas de intoxicação em insetos são letargia moderada e redução na alimentação. O autor verificou um decréscimo da atividade física e do consumo de oxigênio de machos adultos de *B. germanica* tratados topicamente.

No presente trabalho foram observados alguns operários de *C. gestroi* imóveis, outros com letargia e alguns com tremores nas pernas. No entanto, o consumo de papelão corrugado impregnado com hidrametilnona foi de aproximadamente 100% em todas as concentrações testadas de até 100 ppm. Para a concentração de 200 ppm que obteve mortalidade de 95%, o consumo foi reduzido para 43% ao final dos 35 dias. No entanto, provavelmente, o motivo da redução do consumo ao final do experimento seja a sobrevivência de apenas 5% dos cupins.

Su et al. (1994) realizaram experimentos de toxicidade com hidrametilnona e sulfluramida em diversas concentrações, com duas espécies de cupins subterrâneos. Com relação ao tempo letal (LT₉₀), a mortalidade de hidrametilnona para *C. formosanus* foi rápida (3,3 a 9,4 dias) independente das concentrações utilizadas (300 a 600 ppm). Enquanto, para a espécie *R. flavipes* o tempo requerido para uma mortalidade de 90% foi de 4,4 a 13,5 dias nas concentrações de 600 a 100 ppm, respectivamente.

No presente trabalho a concentração de 200 ppm de hidrametilnona foi considerada satisfatório para testes de campo, pois resultou em uma mortalidade próxima a 100% em 35 dias. Ao comparar os dados desse trabalho com dos autores descritos acima, fica evidente que *C. gestroi* parece ser mais resistente ao consumo de hidrametilnona, assim como de sulfluramida em relação às espécies *C. formosanus* e *R. flavipes*.

Segundo Su *et al.* (1982), o ingrediente ativo hidrametilnona foi identificado em estudos laboratoriais como um potencial produto para isca tóxica para o controle de colônias de *C. formosanus*, devido a suas características de não repelência e modo de ação lento. Contudo, estudos de campo usando hidrametilnona impregnado em papel toalha, mostraram que essa substância não eliminou completamente as colônias de *C. formosanus* (SU *et al.*, 1982). Ou ainda, elas recuperaram sua atividade de forrageamento alguns anos depois. (M. Tamashiro, comunicação pessoal *apud* SU & SCHEFFRAHN, 1996a).

Os dados laboratoriais obtidos até o presente momento nesse trabalho indicam que a concentração de 200 ppm de hidrametilnona pode ser usada no controle de cupim subterrâneo sem ocorrência da interrupção da alimentação e resultaram em 100% de mortalidade.

6.1.3. Tratamento com o ingrediente ativo ciromazina

Os resultados em placa de Petri (experimento 1) para o tratamento com o ingrediente ativo ciromazina resultou em 100% de mortalidade apenas na concentração de 10.000 ppm. Para as demais concentrações de 100, 250, 500, 750, 1.000 e 5.000 ppm a porcentagem de mortalidade foi de 10, 13, 11, 36, 41 e 77%, respectivamente (Tabela 7).

TABELA 7 – Porcentagem de mortalidade acumulada, sobrevivência mediana e teste de eficiência dos tratamentos com o ingrediente ativo ciromazina.

Concentração	% de mortalidade acumulada por dia									S ₅₀ **	Abbott
	1	3	6	9	12	15	18	21	25		
Controle *	1	2	4	5	6	8	9	9	10	>25a	-
100 ppm	0	0	0	1	1	2	5	8	10	>25a	0%
250 ppm	0	0	2	2	2	4	9	9	13	>25a	3%
500ppm	0	0	0	5	7	7	8	8	11	>25a	1%
750ppm	0	1	2	2	2	5	8	8	36	>25d	29%
1.000ppm	0	1	1	2	3	6	10	13	41	>25d	34%
5.000ppm	0	1	4	11	17	25	31	35	77	23d	74%
10.000ppm	0	1	38	57	63	78	92	92	100	9d	100%

Controle* = solvente Acetato de Etila; **S₅₀****= sobrevivência 50%. Letras diferentes após o valor do S₅₀ mostram diferenças significativas de acordo com o log-rank test (b=0,01<p<0,05; c=p<0,01; d=p<0,0001 em relação ao controle); **Abbott** = porcentagem de eficiência.

A comparação das curvas de sobrevivência revelou que as concentrações de 750, 1.000, 5.000 e 10.000 ppm apresentaram toxicidade significativa em relação ao controle (Tabela 7 e Figura 22). De acordo com o teste log-rank, os valores de qui-quadrado (χ^2) foram: 0,09062 e $p < 0,7634$ (100 ppm); 1,100 e $p < 0,2942$ (250 ppm); 0,2023 e $p < 0,6528$ (500 ppm); 65,92 e $p < 0,0001$ (750 ppm); 89,39 e $p < 0,0001$ (1.000 ppm), 340,9 e $p < 0,0001$ (5.000 ppm) e 753,5 e $p < 0,0001$ (10.000 ppm). A sobrevivência mediana (calculada para 50% da população) nos experimentos controles e para as concentrações de 100, 250, 500, 750 e 1.000 ppm não foram definidas devido à baixa mortalidade dos operários durante os 25 dias do experimento. Para os outros tratamentos foram de: 23 dias (5.000 ppm) e 9 dias (10.000 ppm) (Tabela 7).

Nos bioensaios para o ingrediente ativo ciromazina, a fórmula de Abbott foi usada e resultou em 100% de eficiência apenas para a concentração de 10.000 ppm. Para a concentração de 5.000 ppm a eficiência foi de 74% e para as demais concentrações a taxa de eficiência foi menor que 50% (Tabela 7).

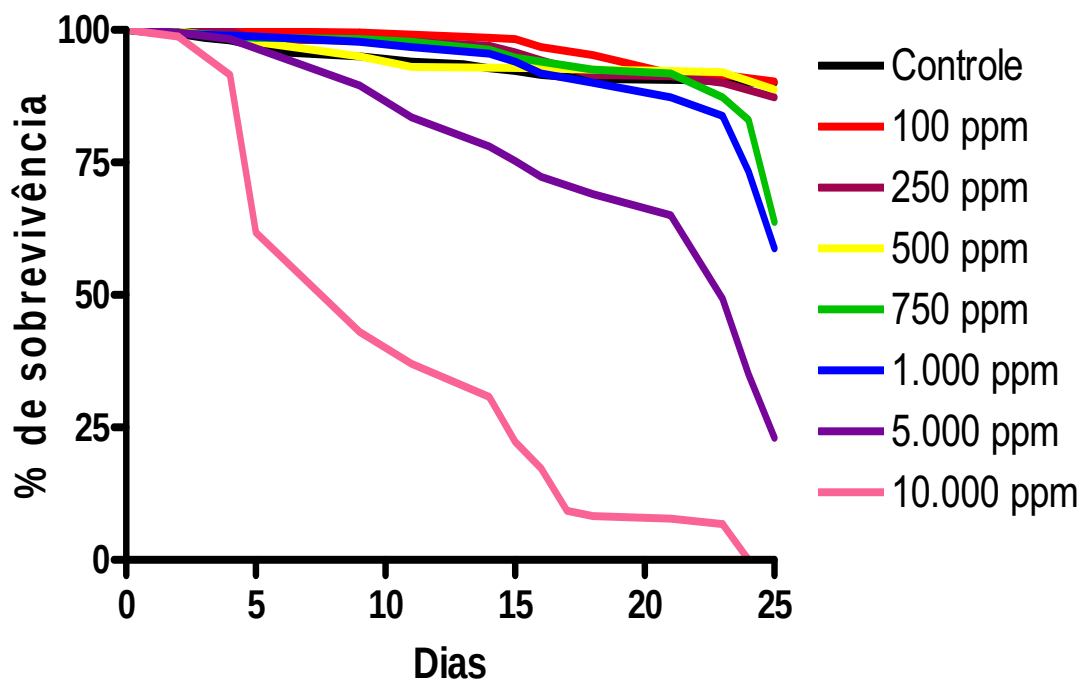


FIGURA 22 – Curva de sobrevivência dos operários de *C. gestroi* (n = 400), submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com ciromazina nas diferentes concentrações e controle.

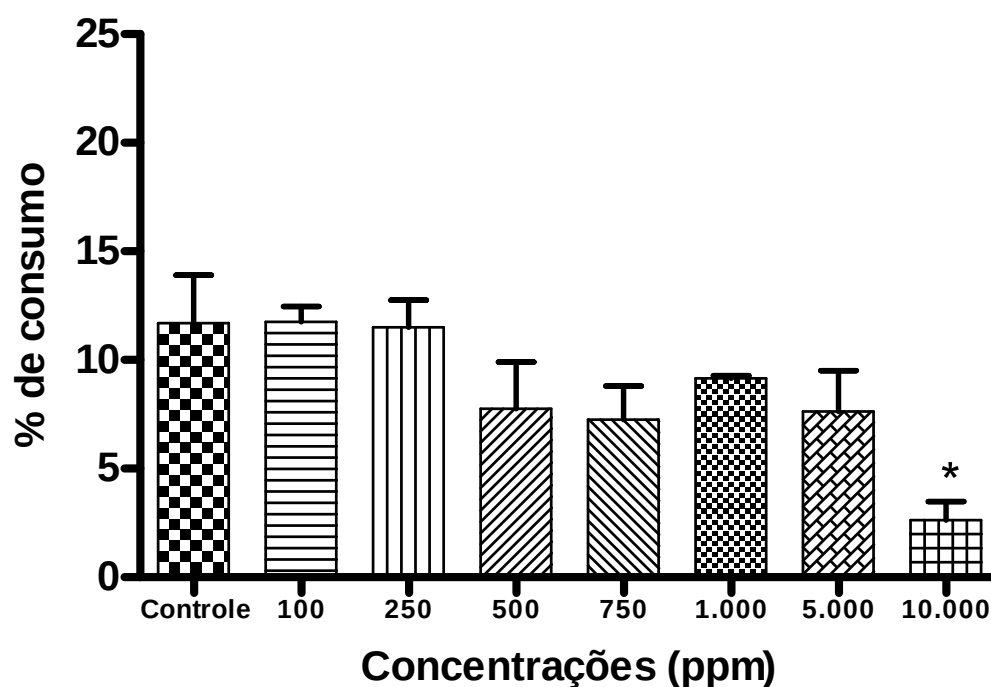


FIGURA 23 – Média e desvio padrão da porcentagem de consumo do papelão impregnado com o ingrediente ativo ciromazina nas diferentes concentrações e controle (4 repetições com 100 operários por tratamento). * = indica diferença significativa do valor consumido para cada concentração em relação ao controle (Teste Kruskal-Wallis seguido de uma comparação de grupos pelo método de Dunn, * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$).

Os dados de consumo do papelão corrugado são mostrados na Figura 23, onde pode ser observado um consumo próximo ao controle para a maioria das concentrações (100 – 5.000 ppm), sendo que os dados destes tratamentos não diferiram estatisticamente do controle (Kruskal-Wallis e Dunn's, $p < 0,05$). O consumo para a concentração de 10.000 ppm foi significativamente diferente do controle, sendo esse consumo suficiente para causar 100% de mortalidade nos operários de *C. gestroi* (Kruskal-Wallis e Dunn's, $p < 0,05$).

Assim, os resultados obtidos na primeira etapa desse trabalho indicaram o uso de concentrações a partir de 5.000 ppm para a segunda etapa (experimento 2), na qual foram realizados testes com um tempo maior de avaliação da mortalidade dos cupins. Assim, para a segunda etapa dos experimentos (experimento 2) foram testadas as concentrações de 5.000, 7.500, 8.500, 9.500, 10.000, 12.500 e 15.000 ppm.

Os resultados da sobrevivência e consumo dos bioensaios em recipiente plástico (experimento 2) com as concentrações acima estão descritos a seguir. Na primeira observação dos experimentos com 14 dias com relação à sobrevivência não ocorreu diferença significativa em relação ao controle em nenhuma das concentrações testadas, exceto a concentração de 10.000 ppm (Tabela 8, Figura 24) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). Com relação ao consumo, não ocorreu diferença significativa em relação ao controle em nenhuma das concentrações testadas (Tabela 8, Figura 24) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

Na segunda observação realizada com 21 dias, a sobrevivência dos cupins foi estatisticamente diferente do controle nas concentrações de 10.000, 12.500 e 15.000 ppm. Em todas as outras concentrações testadas a sobrevivência não diferiu do controle (Tabela 8, Figura 25) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). O consumo de papelão corrugado diferiu estatisticamente do controle apenas na concentração de 10.000 ppm, nas demais concentrações o valor consumido não diferiu estatisticamente do controle (Tabela 8, Figura 25) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

Na terceira observação realizada com 28 dias, a sobrevivência dos cupins diferiu estatisticamente do controle apenas na concentração de 10.000

ppm, enquanto, nas demais concentrações a sobrevivência não diferiu estatisticamente do controle (Tabela 8, Figura 26) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). Os dados de consumo do papelão corrugado diferiram estatisticamente do controle nas concentrações de 10.000, 12.500 e 15.000 ppm, as quais obtiveram os menores valores de sobrevivência. Contudo, nas demais concentrações testadas o consumo não foi significativamente diferente do controle (Tabela 8, Figura 26) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

Na quarta observação, realizada aos 35 dias, a análise estatística de sobrevivência indicou diferença significativa em relação ao controle para as concentrações de 5.000, 10.000, 12.500 e 15.000 ppm, sendo que a primeira concentração obteve uma sobrevivência maior que o controle. Entretanto, para as concentrações de 7.500, 8.500 e 9.500 ppm não houve diferença estatística em relação ao controle (Tabela 8, Figura 27) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). Com relação ao consumo, ocorreu diferença estatística nas concentrações com a menor porcentagem de sobrevivência (10.000, 12.500 e 15.000 ppm). Nas demais concentrações, o consumo não diferiu estatisticamente do controle (Tabela 8, Figura 27) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

A eficiência do ingrediente ativo ciromazina foi avaliada pela fórmula de Abbott (NAKANO *et al.*, 1981), sendo que para as concentrações de 10.000, 12.500 e 15.000 ppm a eficiência foi 76%, 100% e 82%, respectivamente. Nas demais concentrações a eficiência foi igual ou menor que 3% (Tabela 8).

Os resultados do segundo experimento para ciromazina indicam que concentrações entre 10.000 e 15.000 ppm são ideais para o uso no campo, devido a mortalidade lenta ao longo do tempo com um consumo contínuo.

TABELA 8 – Porcentagens média* ($\pm$ EP) de sobrevivência e de consumo de *C. gestroi* após 14, 21, 28 e 35 dias expostos ao tratamento com o ingrediente ativo ciromazina nas diferentes concentrações e controle.

Concentração (ppm)	% de sobrevivência ^a , consumo ^b e Abbott**											
	14			21			28			35		
	S ^a	C ^b	S ^a	S ^a	C ^b	S ^a	S ^a	C ^b	S ^a	S ^a	C ^b	Abbott**
0	79,3 $\pm$ 5,0a	47,8 $\pm$ 6,2a	63,1 $\pm$ 4,0a	60,5 $\pm$ 6,1a	50,7 $\pm$ 3,3a	73,9 $\pm$ 3,5a	33,2 $\pm$ 5,2a	77,7 $\pm$ 11,6a	--	--	--	--
5.000	71,3 $\pm$ 1,4a	33,3 $\pm$ 3,0a	66,1 $\pm$ 4,5a	47,3 $\pm$ 2,8a	47,6 $\pm$ 5,6a	61,4 $\pm$ 5,1a	65,1 $\pm$ 2,0c	67,2 $\pm$ 1,9a	-97	-97	-97	-97
7.500	68,5 $\pm$ 0,7a	35,6 $\pm$ 2,8a	50,1 $\pm$ 6,1a	53,6 $\pm$ 7,5a	52,6 $\pm$ 13,0a	72,8 $\pm$ 8,4a	50,2 $\pm$ 9,8a	87,5 $\pm$ 12,5a	-52	-52	-52	-52
8.500	58,9 $\pm$ 8,7a	39,8 $\pm$ 6,3a	57,4 $\pm$ 5,2a	48,1 $\pm$ 8,3a	68,1 $\pm$ 22,3a	71,3 $\pm$ 14,9a	37,1 $\pm$ 7,3a	67,5 $\pm$ 11,8a	-12	-12	-12	-12
9.500	64,9 $\pm$ 3,4a	34,7 $\pm$ 3,5a	49,7 $\pm$ 10,6a	52,2 $\pm$ 8,7a	58,0 $\pm$ 9,2a	70,2 $\pm$ 11,6a	31,6 $\pm$ 5,4a	72,9 $\pm$ 11,8a	03	03	03	03
10.000	35,5 $\pm$ 4,5c	28,7 $\pm$ 3,7a	25,5 $\pm$ 10,5c	30,7 $\pm$ 6,2c	19,9 $\pm$ 4,2a	40,2 $\pm$ 2,2c	7,6 $\pm$ 3,6c	35,1 $\pm$ 6,6b	76	76	76	76
12.500	71,3 $\pm$ 10,0a	32,2 $\pm$ 1,2a	26,0 $\pm$ 6,0b	35,5 $\pm$ 7,9a	15,8 $\pm$ 4,7a	31,2 $\pm$ 1,7c	0,0 $\pm$ 0,0c	33,6 $\pm$ 4,0b	100	100	100	100
15.000	45,2 $\pm$ 14,3b	33,9 $\pm$ 3,2a	8,1 $\pm$ 4,6c	37,9 $\pm$ 3,8a	12,1 $\pm$ 4,4b	38,5 $\pm$ 3,6c	6,2 $\pm$ 6,2b	31,9 $\pm$ 5,6b	82	82	82	82

Porcentagem média* = 4 repetições por período (16 repetições no total); **Letras diferentes comparadas ao controle:** indicam diferenças significativas ($b = p < 0,05$; $c = p < 0,01$ em relação ao controle) ($p < 0,05$; Anova, programa GLM; Tukey HSD) (SAS, 1996). **Abbott**** = Porcentagem de eficiência do ingrediente ativo com 35 dias de observação. **S^a** = Sobrevivência e **C^b** = Consumo

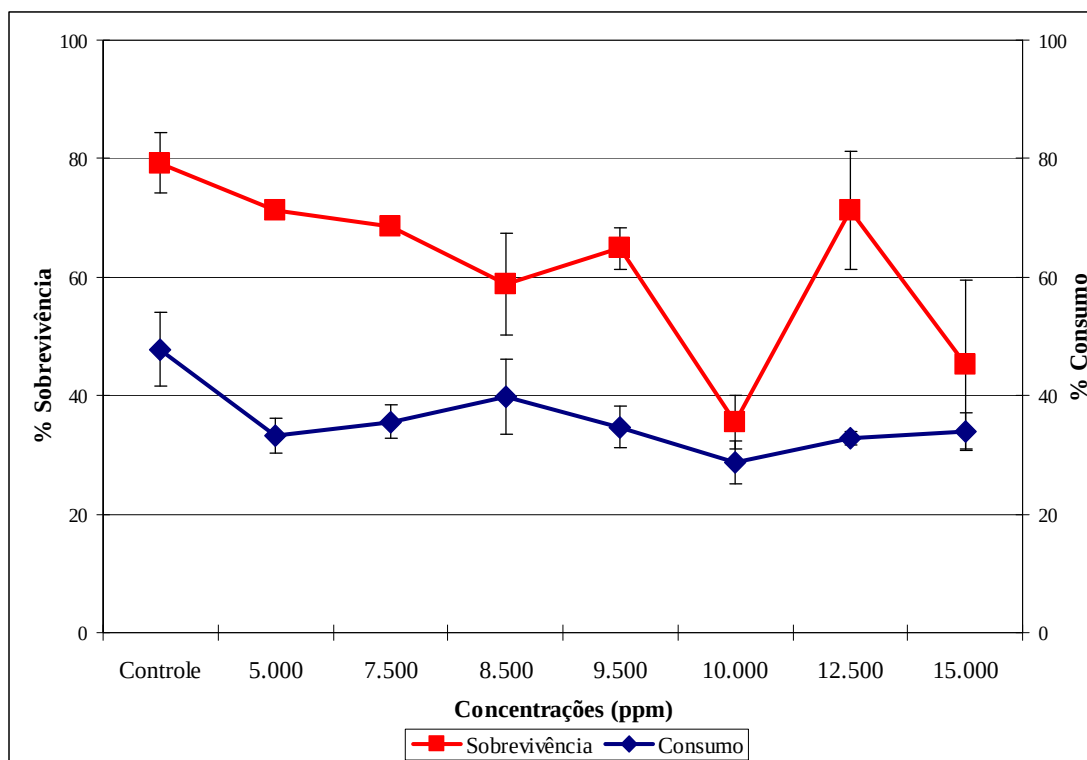


FIGURA 24 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com ciromazina nas diferentes concentrações estudadas, observadas com duas semanas (14 dias).

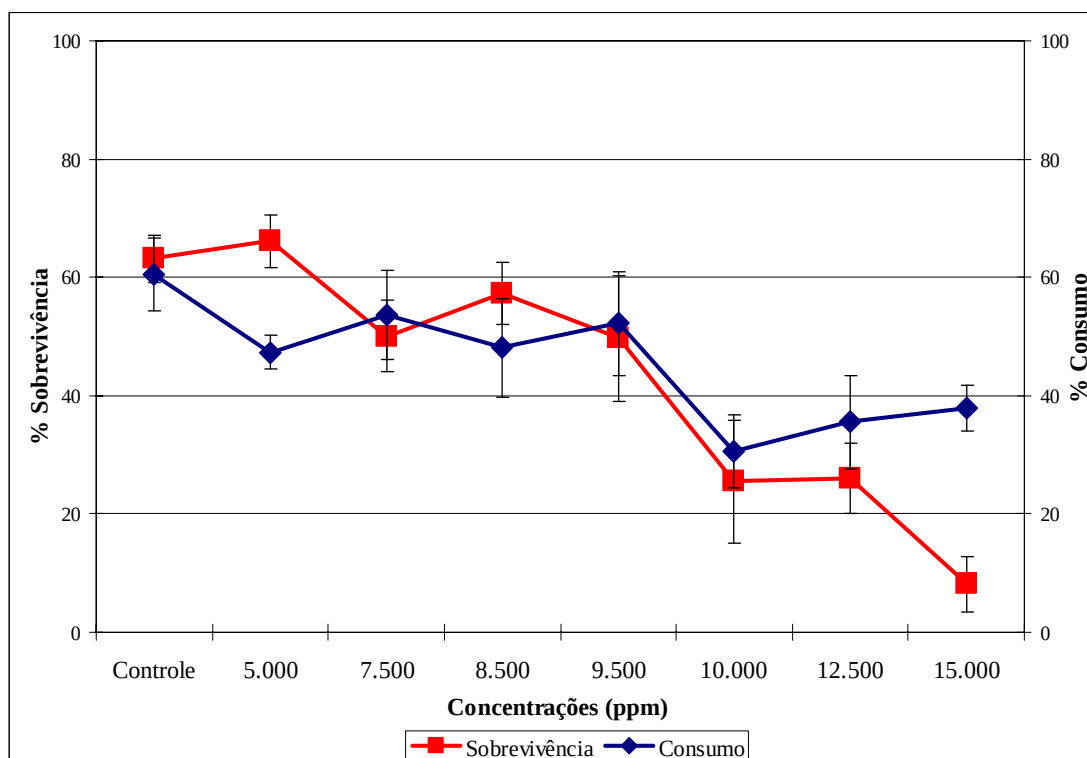


FIGURA 25 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com ciromazina nas diferentes concentrações estudadas, observadas com três semanas (21 dias).

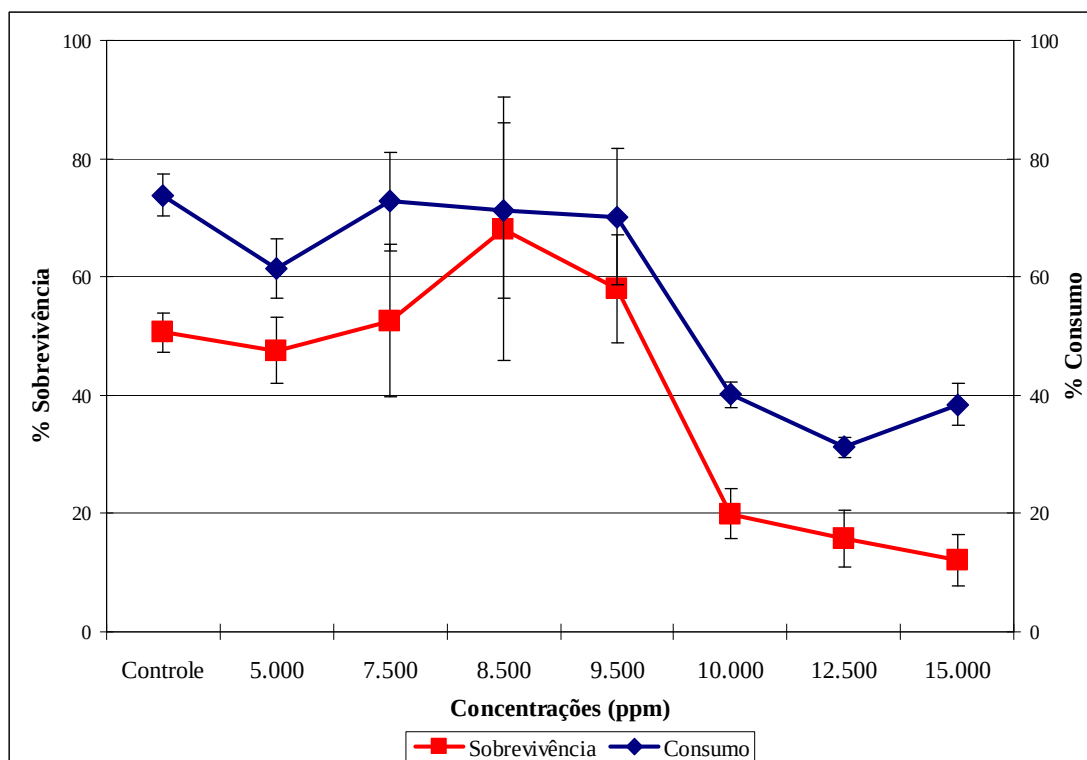


FIGURA 26 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com ciromazina nas diferentes concentrações estudadas, observadas com quatro semanas (28 dias).

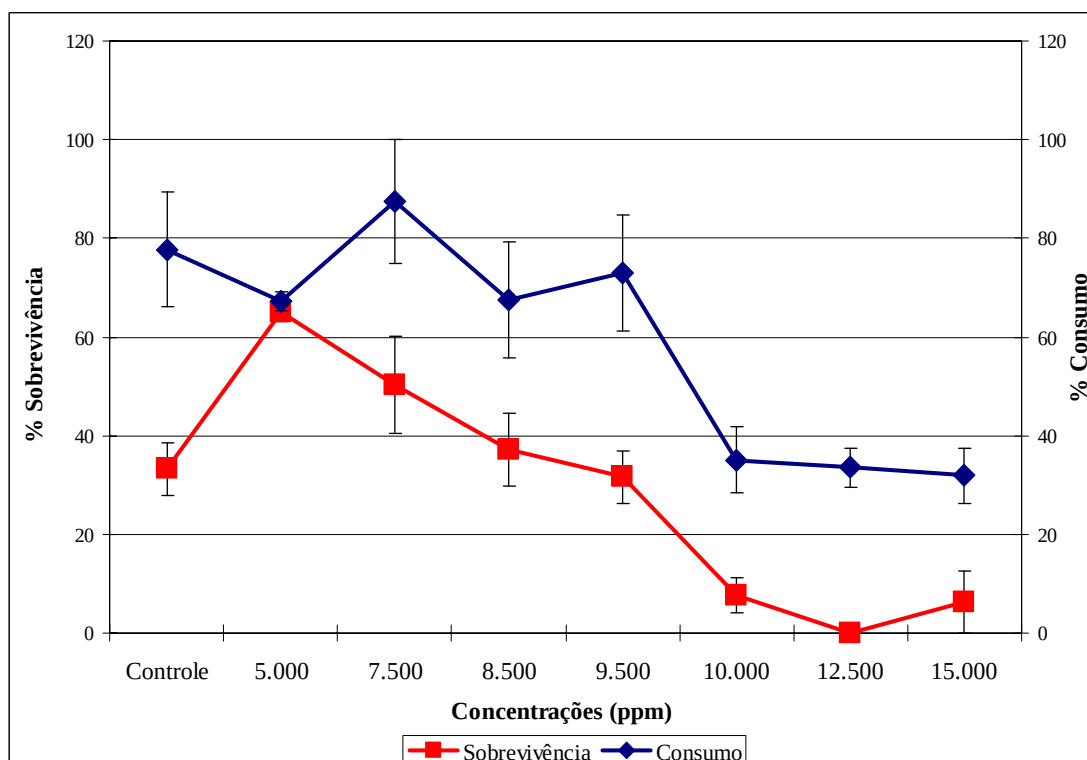


FIGURA 27 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com ciromazina nas diferentes concentrações estudadas, observadas com cinco semanas (35 dias).

Su & Scheffrahn (1996a), realizaram testes de mortalidade e consumo (100 operários e 1 soldado) com as espécies *C. formosanus* e *R. flavipes*, para avaliar a eficiência dos inibidores de síntese de quitina hexaflumuron e lufenuron. Com relação ao consumo não ocorreu repelência para os compostos hexaflumuron (até 8.000 ppm para *C. formosanus* e até 4.000 ppm para *R. flavipes*) e nem para o composto lufenuron (até 1.000 ppm para *C. formosanus* e até 50 ppm para *R. flavipes*). Além disso, a mortalidade após 9 semanas para *C. formosanus*, tratados com hexaflumuron (concentrações de 100 - 10.000 ppm) foi de 100% e com lufenuron (concentrações de 1.000 - 10.000 ppm) foi de aproximadamente 70%. Para a espécie *R. flavipes* a mortalidade foi de 100% para o uso do ingrediente ativo hexaflumuron (concentrações de 100–10.000 ppm) e mortalidade maior que 90% para o uso de lufenuron (concentrações maiores que 200 ppm).

Karr *et al.* (2004), avaliaram o uso em isca de dois inibidores de síntese de quitina benzoilfenilurea (noviflumuron) e o hexaflumuron (já comercializado na forma de isca nos EUA). Os dois inibidores de síntese de quitina testados não demonstraram interrupção da alimentação, em bioensaios de consumo com papel-filtro impregnado com concentrações de até 10.000 ppm. Em bioensaios para determinar a taxa de mortalidade, os operários de *R. flavipes* (50 indivíduos) foram colocados em placas com papéis-filtro impregnados com um dos dois ingredientes ativos (noviflumuron ou hexaflumuron), durante uma semana. Em seguida, os papéis filtro foram substituídos por outros impregnados apenas com água e os experimentos observados por 8 semanas. A taxa de mortalidade foi de 66% para hexaflumuron para a maior concentração testada (10.000 ppm), enquanto para noviflumuron o resultado foi de 100% de mortalidade na mesma concentração e tempo de exposição.

No presente trabalho, os dados de consumo de ciromazina indicam que ocorreu diminuição da alimentação em todas as concentrações testadas, embora isso não tenha influenciado o efeito do inseticida em experimentos laboratoriais. Os dados apresentados por Su & Scheffrahn (1996b), também indicam essa redução do consumo para a espécie *C. formosanus* (nas concentrações maiores que 8.000 ppm), considerando que em ambos os

trabalhos os cupins ficaram expostos aos papéis contaminados durante todo o tempo de observação. Para Su & Scheffrahn (1996b), os resultados com a espécie *R. flavipes* e o ingrediente ativo (hexaflumuron), demonstraram interrupção da alimentação para concentrações maiores que 4.000 ppm, enquanto para Karr *et al.* (2004), que utilizaram a mesma espécie de Isoptera, ingrediente ativo e concentração, essa interrupção não ocorreu para concentrações de até 10.000 ppm.

Rojas & Morales-Ramos (2004) avaliaram em laboratório durante 180 dias, o efeito dos inibidores de síntese de quitina diflubenzuron, hexaflumuron e lufenuron (na concentração de 10 ppm) em reprodutores primários do cupim subterrâneo *C. formosanus*. Os resultados para o controle foram de 45 ovos e 19 indivíduos (operários e soldados). O efeito mais significativo para os três inibidores de síntese de quitina testados foi a inviabilidade dos ovos. Isso porque, nenhuma larva conseguiu eclodir dos ovos, com nenhum dos três inibidores de síntese de quitina. Além disso, o número de ovos depositados foi muito reduzido em relação ao controle. Quando comparado os dados acima descritos com os obtidos nesse trabalho, é discutível o valor da concentração de 10 ppm utilizado. Primeiramente, porque os autores citados alimentaram diretamente os reprodutores da colônia, e isso não é viável, para o tratamento de uma colônia madura. Segundo, para o controle de uma colônia é necessário uma concentração que persista no organismo do operário até o momento da alimentação dos reprodutores, o qual ocorre via trofalaxia (saliva), do operário para os reprodutores.

Assim, os resultados obtidos nesse trabalho indicam concentrações entre 12.500 e 15.000 ppm para o uso em iscas, embora sejam necessários testes de campo para analisar o consumo desse material celulósico impregnado com ciromazina.

6.1.4. Tratamento com o ingrediente ativo piriproxifen

Os resultados obtidos para o ingrediente ativo piriproxifen em placa de Petri (experimento 1) nas diferentes concentrações estão apresentados na forma de tabela e gráfico de curva de sobrevivência.

Para cada concentração os indivíduos sobreviventes, ao término dos experimentos foram analisados sob estereomicroscópio. Nas concentrações de 1, 10, 50 e 100 ppm, não foram observadas alterações na morfologia dos operários induzidos pelo efeito do ingrediente ativo piriproxifen (um análogo do hormônio juvenil).

A análise morfológica para as concentrações de 250 a 10.000 ppm revelou que no final do experimento todos os indivíduos sobreviventes eram intercastas. As microfotografias de um operário, um pré-soldado e um soldado foram comparados com a da intercasta obtida pela ação do ingrediente ativo piriproxifen (Figuras 28, 29, 30 e 31). Na figura 28 observa-se um operário normal com coloração amarelo esbranquiçada, cápsula cefálica arredondada e mandíbulas esclerotizadas. Na figura 29 observa-se um soldado com cápsula cefálica oval, de cor alaranjada e mandíbulas esclerotizadas maiores que a do operário normal. O pré-soldado da figura 30 é esbranquiçado, e sua morfologia externa é semelhante à de um soldado, uma vez que sua cápsula cefálica é oval e suas mandíbulas apresentam-se esclerotizadas. Já, os indivíduos obtidos nos experimentos com piriproxifen na concentração de 250 a 10.000 ppm, apresentam uma mistura de características dos operários e soldados, ou seja, são intercastas. Na figura 31, pode-se observar que a cápsula cefálica de uma intercasta é arredondada, similar à encontrada em operário, porém suas mandíbulas são maiores e afiladas, compatíveis com as encontradas nos soldados. Segundo Leonardo (2003), esse tipo de mandíbula, similar a dos soldados, impede que os indivíduos se alimentem sozinhos, necessitando de ajuda dos operários para essa função.

FIGURAS 28 e 29 - Microfotografia de operário e soldado de *Coptotermes gestroi*.



FIGURA 28. Detalhe da cabeça do operário de *C. gestroi*. Aumento: 40x



FIGURA 29. Detalhe da cabeça do soldado de *C. gestroi*. Aumento: 40x

FIGURAS 30 e 31 - Microfotografia de pré-soldado e intercasta de *Coptotermes gestroi*.



FIGURA 30. Detalhe da cabeça de pré-soldado de *C. gestroi*. Aumento: 40x



FIGURA 31. Detalhe da cabeça de intercasta de *C. gestroi*. Aumento: 40x

Pela análise morfológica constatou-se que os indivíduos formados nas concentrações acima de 250 ppm são intercastas. De acordo com COSTA-LEONARDO (2002), intercastas são indivíduos nos quais existem misturas morfológicas entre duas castas distintas. Estes indivíduos podem ser formados por mudanças repentinas nas condições nutricionais, perturbações sociais, químicas, ecológicas ou devido à presença de parasitas. Comparando as intercastas (Figura 31) com os operários (Figura 28) nota-se que ambos possuem a cápsula cefálica arredondada, mas as mandíbulas esclerotizadas das intercastas são semelhantes à de um soldado (Figura 29).

Ao término do experimento (experimento 1) foram analisadas as porcentagens de indivíduos sobreviventes e a separação em castas (operários, pré-soldados e intercastas). No controle e nas concentrações de 1 a 100 ppm de piriproxifen, todos os indivíduos sobreviventes encontrados nas placas eram operários, sendo que a porcentagem de sobrevivência foi: 95% (controle), 89% (1 ppm), 98% (10 ppm), 97% (50 ppm) e 98% (100 ppm). Nas concentrações de 250 a 10.000 ppm todos os indivíduos sobreviventes eram intercastas. Nesse caso, os operários que se tornaram intercastas foram considerados indivíduos mortos, uma vez que eles não se alimentavam sozinho, segundo teste piloto realizado anteriormente. Assim, ao final do experimento os indivíduos foram separados em operários vivos, intercasta e pré-soldados, sendo: 59% de intercasta para a concentração de 250 ppm, 49% de intercasta para a concentração de 500 ppm, 65% de intercasta para a concentração de 1.000 ppm, 66% de intercasta para a concentração de 5.000 ppm e 68% de intercasta para a concentração de 10.000 ppm (Tabela 9).

TABELA 9 – Porcentagem de mortalidade acumulada, sobrevivência mediana e porcentagem de sobrevivência separada em castas para os bioensaios realizados em placa de Petri para o ingrediente ativo piriproxifen.

Concentração	% de mortalidade acumulada por dia									S ₅₀ **	% de mortalidade após 25 dias	
	1	3	6	9	12	15	18	21	25		Op	I
Controle *	0	0	1	1	1	1	2	3	5	>25a	05%	0%
1 ppm	0	1	7	7	7	7	8	9	11	>25c	11%	0%
10 ppm	0	0	0	0	0	0	2	2	2	>25b	02%	0%
50 ppm	0	1	2	2	2	2	3	3	3	>25a	03%	0%
100 ppm	0	0	0	0	1	1	1	1	2	>25c	02%	0%
250 ppm	0	1	2	2	30	32	35	36	41	25d	41%	59%
500 ppm	0	1	1	1	28	30	50	50	51	19d	51%	49%
1.000 ppm	0	1	1	3	12	17	21	28	35	25d	35%	65%
5.000ppm	0	0	1	1	28	30	31	31	34	25d	34%	66%
10.000ppm	0	0	1	1	7	15	29	30	32	25d	32%	68%

Controle* = solvente Acetato de Etila; **S₅₀****= sobrevivência 50%. Letras diferentes após o valor do S₅₀ mostram diferenças significativas de acordo com o log-rank test (b = 0,01 < p < 0,05; c = p < 0,001; d = p < 0,0001 em relação ao controle); **Porcentagem de mortalidade** no final do experimento, sendo **Op** = porcentagem de operários e **I** = porcentagem de intercasta (operários sobreviventes transformados em intercastas).

A comparação das curvas de sobrevivência revelou que apenas as cinco maiores concentrações (250, 500, 1.000, 5.000 e 10.000 ppm) apresentaram toxicidade significativa em relação ao controle (Tabela 9).

De acordo com o teste log-rank, quando se compara o valor da curva de sobrevivência do controle com os tratamentos, pode-se notar que para a concentração de 50 ppm ($\chi^2 = 2,430$ e $p < 0,1190$) não ocorreu diferença significativa em relação ao controle. As demais concentrações resultaram em diferença significativa em relação ao controle, sendo: $\chi^2 = 6,826$ e $p < 0,0090$ (concentração de 1 ppm), $\chi^2 = 4,969$ e $p < 0,0258$ (concentração de 10 ppm), $\chi^2 = 8,552$ e $p < 0,0035$ (concentração de 100 ppm), $\chi^2 = 654,9$ e $p < 0,0001$ (concentração de 250 ppm); $\chi^2 = 686,9$ e $p < 0,0001$ (concentração de 500 ppm); $\chi^2 = 636,8$ e $p < 0,0001$ (concentração de 1.000 ppm); $\chi^2 = 653,9$ e $p < 0,0001$ (concentração de 5.000 ppm) e $\chi^2 = 637,6$ e $p < 0,0001$ (concentração de 10.000 ppm) (Tabela 9 e Figura 32).

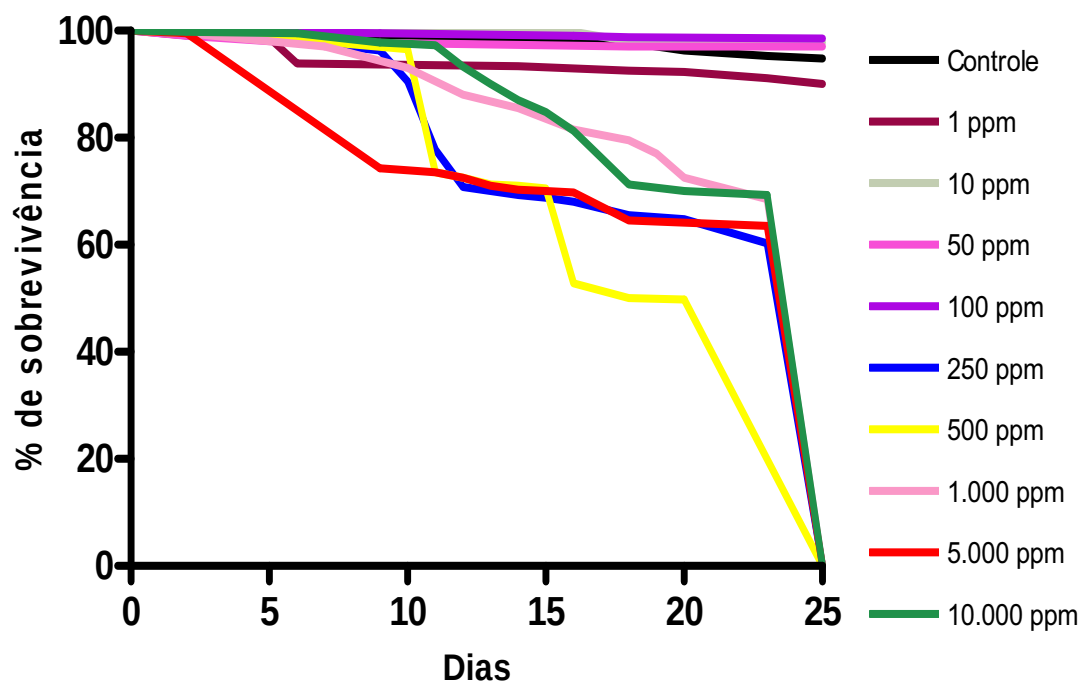


FIGURA 32 – Curva de sobrevivência dos operários de *C. gestroi* (n = 400), realizados em placas de Petri e submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com piriproxifen nas diferentes concentrações e controle.

A sobrevivência mediana (S_{50}) desses insetos foi obtida para as concentrações de 500, 1.000, 5.000 e 10.000 ppm. Nas demais concentrações e no controle este parâmetro não definido devido à alta sobrevivência dos cupins (Tabela 9).

A fórmula de Abbott (NAKANO *et al.*, 1981) não foi aplicada neste experimento, uma vez que nesse tipo de ingrediente ativo a eficiência se dá pela quantidade de pré-soldados ou intercastas formados, e não pela alta mortalidade encontrada ao longo do tempo.

O consumo do papelão corrugado para as concentrações testadas não diferiu estatisticamente do controle, exceto para a concentração de 250 ppm na qual foi observado um menor consumo com relação ao controle ($p < 0,05$; Kruskal Wallis U e Dunn; Figura 33). Esses dados indicam que o consumo do papel impregnado com piriproxifen, na maioria das concentrações, foi igual ao controle, não ocorrendo repelência ou interrupção da alimentação dos cupins pelo alimento impregnado com esse ingrediente ativo. Além disso, o fato do consumo das concentrações testadas ser próximo ao controle, pode indicar

que as intercastas foram formadas mais próximo ao final do experimento. Isto porque, como os soldados, pré-soldados e intercastas não se alimentam sozinhos, se todos os operários tivessem mudado para intercastas no início do experimento o consumo de todos os tratamentos seria muito menor que o controle.

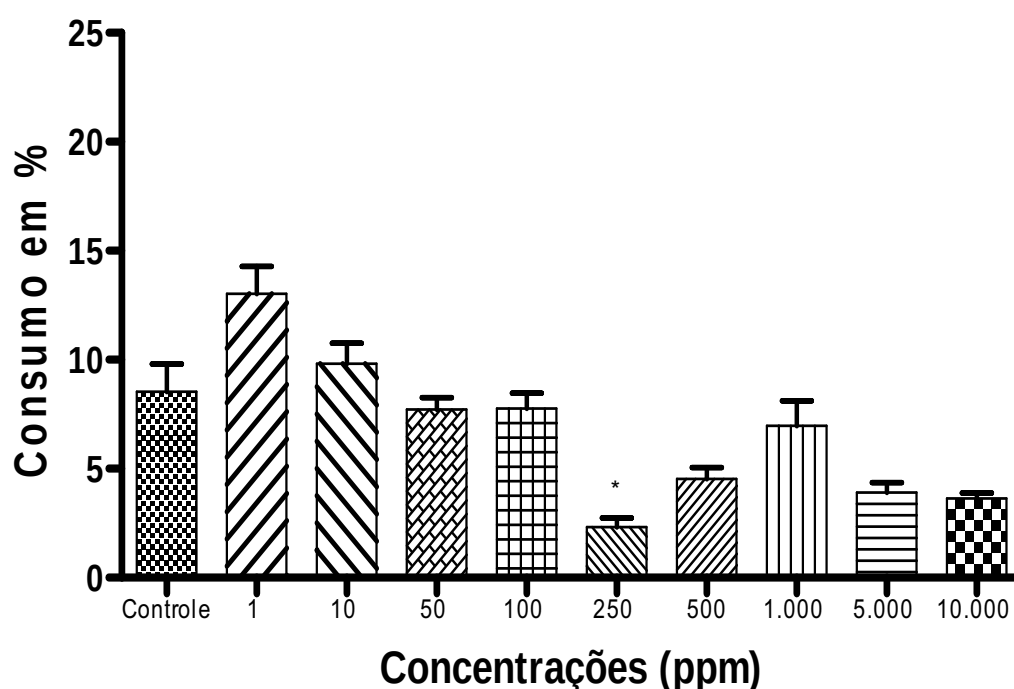


FIGURA 33 – Média e desvio padrão da porcentagem de consumo do papelão impregnado com o ingrediente ativo piriproxifen nas diferentes concentrações e controle (4 repetições com 100 operários por tratamento). * = indica diferença significativa do valor consumido para cada concentração em relação ao controle (Teste Kruskal-Wallis seguido de uma comparação de grupos pelo método de Dunn, * = $p < 0,05$).

Os resultados dessa etapa do trabalho sugerem que o ingrediente ativo piriproxifen quando utilizado nas concentrações de 250 a 10.000 ppm, mostrou-se promissor para ser utilizado em iscas para o controle de *C. gestroi*. Isso, porque pode desencadear uma razoável produção de intercastas, causando um desequilíbrio social da colônia de cupins. Como os operários são os únicos indivíduos responsáveis pela alimentação da colônia, um número excessivo de castas dependentes (pré-soldados, soldados e intercastas), pode levar a um desequilíbrio da homeostase da colônia.

Deste modo, novos bioensaios foram realizados com um maior número de operários e por um período maior de tempo, para as concentrações entre 500 e 15.000 ppm. Os operários induzidos a intercasta ou pré-soldados foram somados como mortos, uma vez que eles não se alimentam sozinhos.

Os resultados da sobrevivência e consumo dos bioensaios em recipiente plástico (experimento 2) com as concentrações acima estão descritos a seguir. Após 14 dias, na primeira observação constatou-se diferença estatística na sobrevivência dos cupins quando comparada àquela do controle apenas para a concentração de 5.000 ppm. As demais concentrações utilizadas não diferiram estatisticamente do controle (Tabela 10, Figura 34) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). A análise dos dados de consumo para os primeiros 14 dias de exposição indica diferença estatística em relação ao controle para as seguintes concentrações 5.000, 10.000, 12.500 e 15.000 ppm (Tabela 10, Figura 34) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). Nos primeiros 14 dias de observação não foram encontrados intercastas e pré-soldados em nenhuma das concentrações analisadas.

Na segunda observação realizada com 21 dias, a sobrevivência dos cupins foi estatisticamente diferente do controle apenas na concentração de 15.000 ppm (Tabela 10, Figura 35) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). A porcentagem de consumo diferiu estatisticamente do controle nas seguintes concentrações testadas: 5.000, 10.000, 12.500 e 15.000 ppm (Tabela 10, Figura 35) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). Para as observações com 21 dias não foram encontrados intercastas ou pré-soldados nas concentrações analisadas.

Na terceira observação realizada com 28 dias, a sobrevivência dos cupins foi estatisticamente diferente do controle para as concentrações entre 5.000 e 15.000 ppm (Tabela 10, Figura 36) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). Com relação ao consumo, ocorreu diferença estatística com relação ao controle para as concentrações entre 1.000 e 15.000 ppm. (Tabela 10, Figura 36) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). Com relação à quantidade de intercasta e pré-soldado foram encontrados os seguintes valores: 13% de intercastas na concentração de 500 ppm, 1% de intercastas na

concentração de 1.000 ppm e 34% de intercastas e 1% pré-soldados na concentração de 12.500 ppm. Assim, pode-se verificar que parece não existir um padrão de aumento de intercasta com o aumento da concentração. Contudo, enquanto a concentração de 12.500 ppm formou 34% de intercastas, as concentrações de 5.000, 10.000 e 15.000 ppm não formaram nenhuma.

Na quarta observação realizada com 35 dias, a sobrevivência dos cupins foi estatisticamente igual ao controle em todas as concentrações analisadas. Entretanto, a concentração de 15.000 ppm foi a única que causou 100% de mortalidade ao final do experimento (Tabela 10, Figura 37) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). Com relação ao consumo, houve diferença estatística apenas na concentração de 5.000 e 15.000 ppm (Tabela 10, Figura 37) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

Com relação à quantidade de intercastas e pré-soldados foram encontrados os seguintes valores: 27% de intercasta na concentração de 500 ppm, 63% de intercasta na concentração de 1.000 ppm, 20% de intercasta na concentração de 5.000 ppm, 27% de intercasta nas concentrações de 10.000 e 12.500 ppm. Assim, pode-se verificar que a maior produção de intercastas ocorreu na concentração de 1.000 ppm, enquanto nas concentrações de 500, 5.000, 10.000 e 12.500 ppm a produção desses indivíduos foram próximas entre si. Na concentração de 15.000 ppm, nenhum pré-soldado ou intercasta foi encontrado ao longo desses 35 dias, talvez devido ao fato dessa concentração ter sido muito alta para os operários de *C. gestroi* atuando como um inseticida.

Tabela 10 – Porcentagens média* ($\pm$ EP) de sobrevivência e de consumo de *C. gestroi* após 14, 21, 28 e 35 dias expostos ao tratamento com o ingrediente ativo piriprofen nas diferentes concentrações e controle.

Concentração (ppm)	% de sobrevivência ^a , consumo ^b e Abbott**											
	14				21				28			
	S ^a	C ^b	S ^a	C ^b	S ^a	C ^b	S ^a	C ^b	S ^a	C ^b	S ^a	C ^b
0	80,3 $\pm$ 6,8a	46,1 $\pm$ 1,7a	98,3 $\pm$ 0,5a	48,8 $\pm$ 1,7a	93,5 $\pm$ 3,0a	74,5 $\pm$ 4,7a	35,0 $\pm$ 8,9a	61,0 $\pm$ 10,9a	--	--	--	--
500	58,0 $\pm$ 7,2a	35,9 $\pm$ 7,8a	63,3 $\pm$ 3,5a	44,4 $\pm$ 5,8a	53,3 $\pm$ 19,4a	57,9 $\pm$ 2,3c	36,5 $\pm$ 20,0a	43,3 $\pm$ 5,8a	-6	-6	-6	-6
1.000	58,5 $\pm$ 4,4a	32,7 $\pm$ 6,6a	65,8 $\pm$ 22,8a	30 $\pm$ 7,8a	44,3 $\pm$ 13,2c	46,4 $\pm$ 3,0c	13,3 $\pm$ 5,7a	40,2 $\pm$ 6,3a	63	63	63	63
5.000	30,8 $\pm$ 11,8b	16,7 $\pm$ 5,8c	48,0 $\pm$ 24,2a	17,1 $\pm$ 4,8c	8,3 $\pm$ 7,3c	19,7 $\pm$ 6,6c	5,5 $\pm$ 3,0a	32,9 $\pm$ 3,9b	83	83	83	83
10.000	60,5 $\pm$ 10,6a	19,4 $\pm$ 1,1b	68,0 $\pm$ 11,1a	19,4 $\pm$ 3,5c	13,8 $\pm$ 10,4c	28,6 $\pm$ 4,1c	8,0 $\pm$ 5,5a	41,1 $\pm$ 2,0a	77	77	77	77
12.500	74,0 $\pm$ 13,9a	7,3 $\pm$ 0,4c	51,0 $\pm$ 0,7a	24,2 $\pm$ 3,6b	26,0 $\pm$ 9,2c	34,0 $\pm$ 7,1c	6,3 $\pm$ 3,9a	39,6 $\pm$ 5,1a	83	83	83	83
15.000	45,3 $\pm$ 12,4a	14,8 $\pm$ 6,3c	19,3 $\pm$ 6,8c	13,9 $\pm$ 1,9c	3,5 $\pm$ 3,5c	13,6 $\pm$ 1,1c	0,0 $\pm$ 0,0a	19,7 $\pm$ 3,4c	100	100	100	100

Porcentagem média* = 4 repetições por período (16 repetições no total); **Letras diferentes comparadas ao controle:** indicam diferenças significativas ($b = p < 0,05$; $c = p < 0,01$ em relação ao controle) ($p < 0,05$; Anova, programa GLM; Tukey HSD) (SAS, 1996). **Abbott**** = Porcentagem de eficiência do ingrediente ativo com 35 dias de observação. **S^a** = Sobrevivência e **C^b** = Consumo.

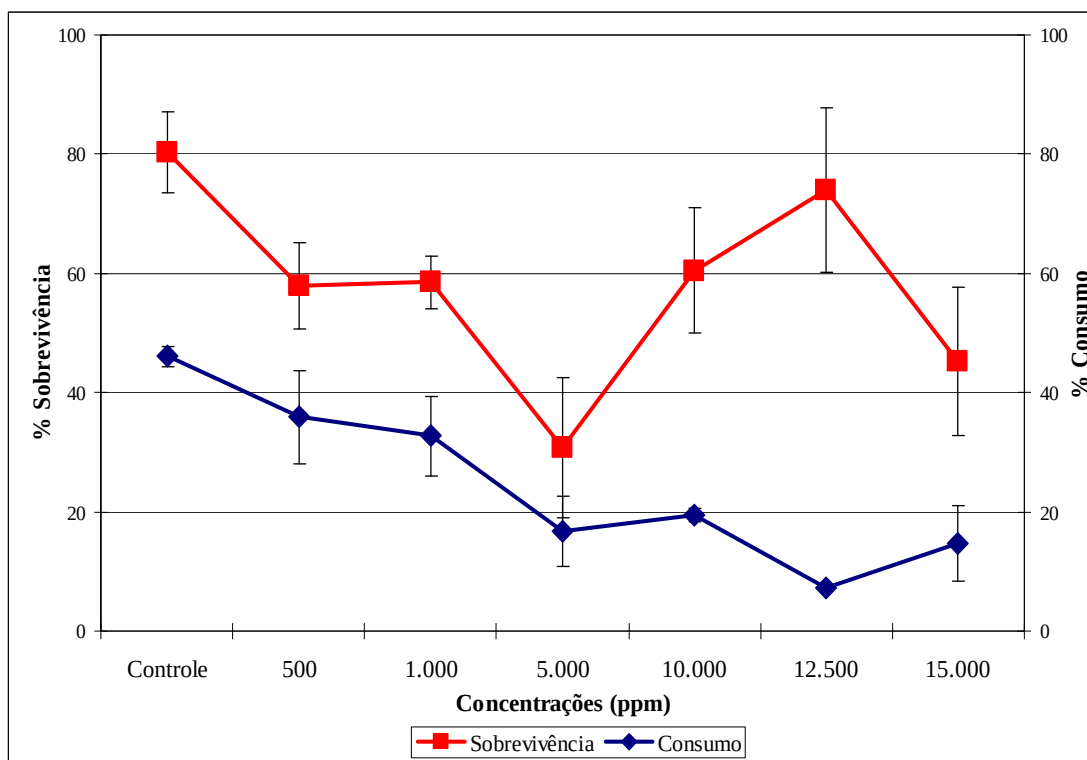


FIGURA 34 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com piriproxifen nas diferentes concentrações estudadas, observadas com duas semanas (14 dias).

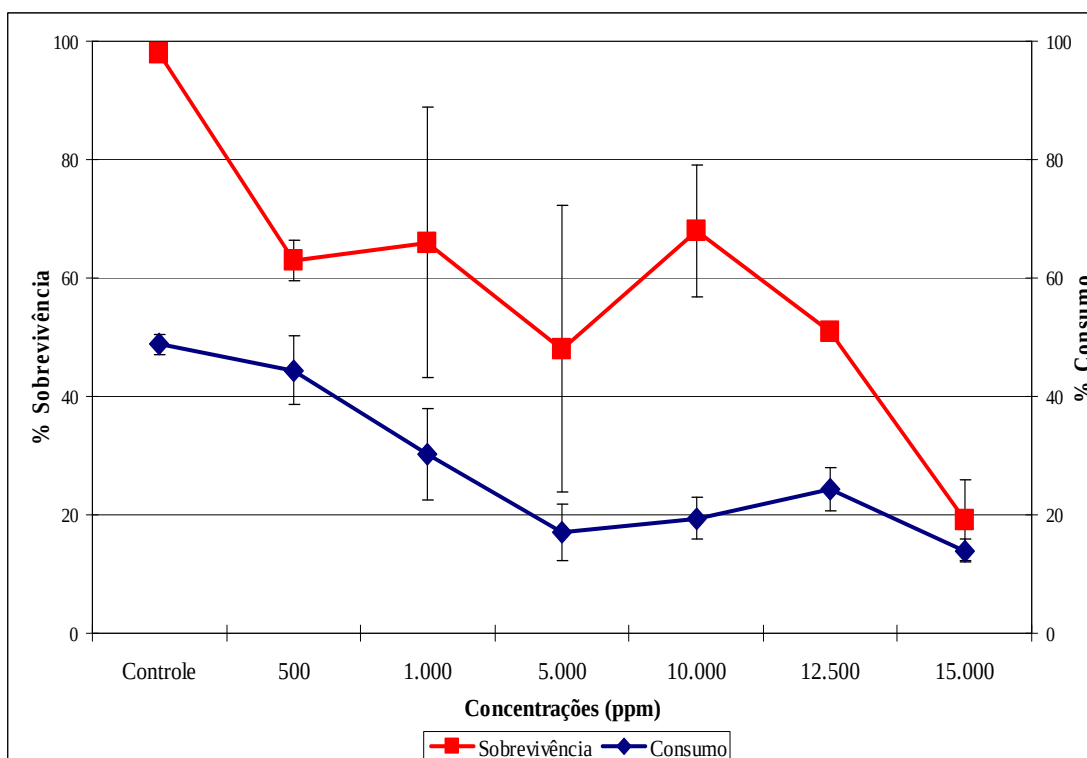


FIGURA 35 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com piriproxifen nas diferentes concentrações estudadas, observadas com três semanas (21 dias).

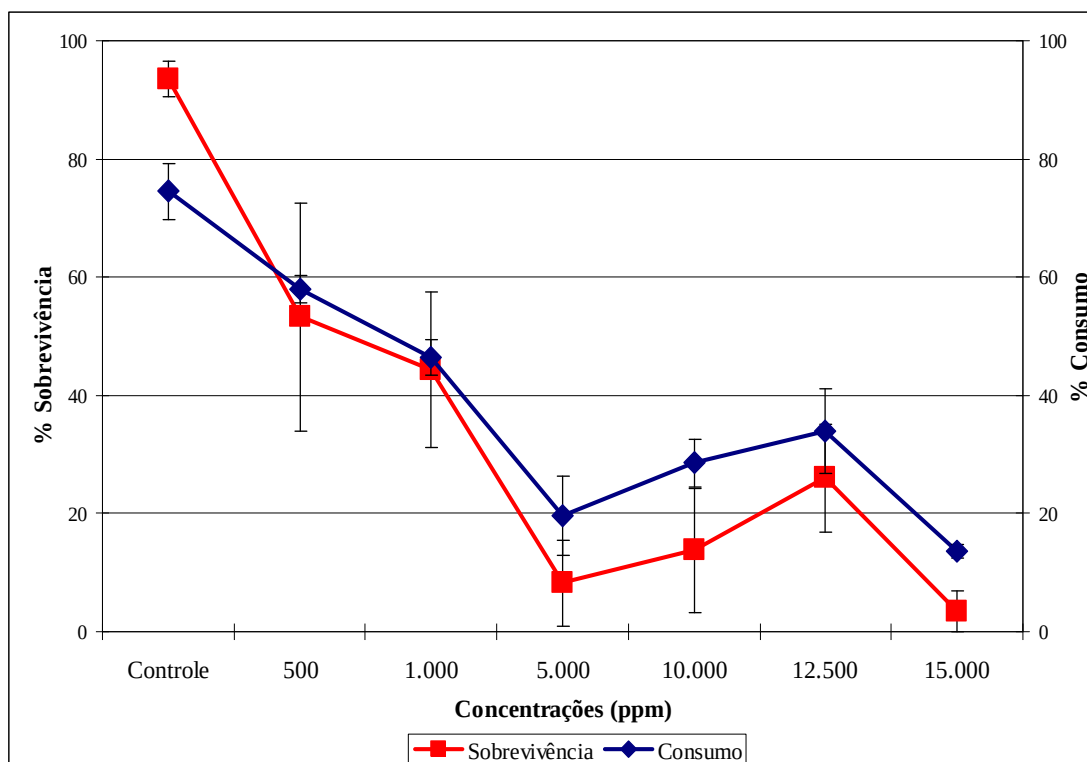


FIGURA 36 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com piriproxifen nas diferentes concentrações estudadas, observadas com quatro semanas (28 dias).

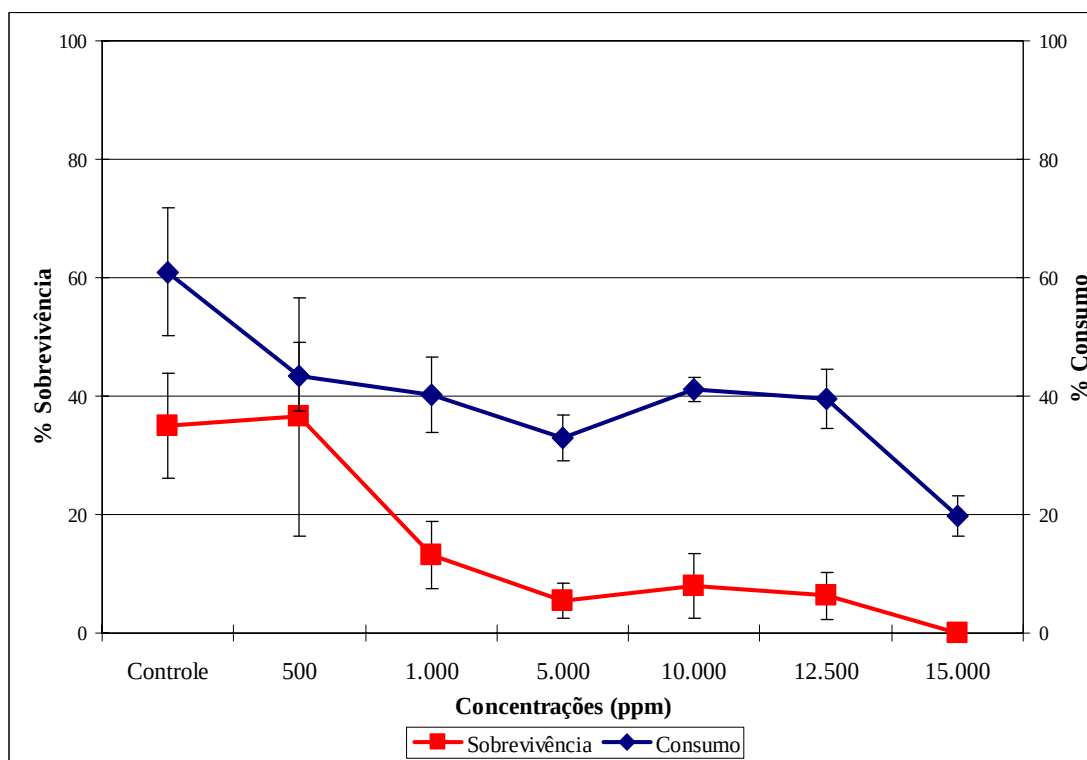


FIGURA 37 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com piriproxifen nas diferentes concentrações estudadas, observadas com cinco semanas (35 dias).

Estudos do efeito de juvenóides em *Reticulitermes lucifugus santonensis* realizados por Hrdý & Krecek (1972) resultaram na formação de pré-soldados e intercastas. Jones (1984), também constatou a formação de intercastas em *Coptotermes formosanus* tratados com juvenóides, embora a formação de pré-soldados e soldados fosse mais elevada que a encontrada por Hrdý & Krecek (1972).

Segundo Su *et al.* (1985), compostos a base de hormônio juvenil causam baixa mortalidade e produzem mais pré-soldados. Assim, é necessário que a relação entre o efeito do hormônio juvenil na mortalidade dos operários e a produção de pré-soldados sejam inversamente proporcionais. No presente estudo os resultados encontrados ao final do experimento 1 concordam com aqueles obtidos por Su *et al.* (1985), uma vez que nas concentrações de 250 a 10.000 ppm, ocorreu uma baixa mortalidade dos indivíduos, embora os indivíduos sobreviventes observados no final do experimento fossem todos intercastas e não pré-soldados como descrito pelos autores.

Su & Scheffrahn (1989) testaram no laboratório a ação do ingrediente ativo piriproxifen em duas espécies de cupins, *C. formosanus* e *Reticulitermes flavipes*. Para *C. formosanus* foram testadas as concentrações de 60, 300, 1.500 e 7.500 ppm, sendo que as concentrações de 1.500 e 7.500 ppm apresentaram 37,9% e 24,9% de pré-soldados e 28,9% e 75,1% de mortalidade após seis semanas, respectivamente. Para a espécie *R. flavipes* foram testadas as concentrações 6, 30, 150 e 750 ppm, sendo que os melhores resultados foram apresentados pelas concentrações 150 e 750 ppm com 37% e 24% de pré-soldados e 39,6% e 92% de mortalidade após seis semanas, respectivamente. Para ambas as espécies as maiores concentrações testadas apresentaram uma alta taxa de mortalidade, evidenciando uma função termiticida. Já, os valores de indivíduos formados, no caso pré-soldados, apresentaram uma baixa porcentagem. Com relação aos testes realizados neste estudo com *C. gestroi*, o ingrediente ativo não induziu a formação de pré-soldados como apresentado por Su & Scheffrahn (1989) e sim a formação de intercastas. Os resultados do segundo experimento foram semelhantes aos encontrados por Su & Scheffrahn (1989). Na concentração de 500 ppm a

produção de intercasta foi de 27% e a mortalidade foi 63%. A concentração de 1.000 ppm causou a maior formação de intercastas (63%), com mortalidade total de 87%. Já a concentração de 15.000 ppm não apresentou intercastas e apresentou uma mortalidade de 100%, indicando que nessa concentração o efeito termiticida é maior que a indução de intercastas.

A formação de intercastas no cupim *C. gestroi* também foi observada por Leonardo (2003). A autora testou dois análogos de hormônio juvenil, fenoxicarbe e metoprene, e também obteve como resultado apenas intercastas. Para o ingrediente ativo fenoxicarbe observou-se intercastas nas concentrações 100, 1.000 e 10.000 ppm e para metoprene foi observada intercastas apenas nas concentrações de 1.000 e 10.000 ppm. No presente estudo também foi constatada a formação de intercastas para as concentrações acima de 250 ppm, resultados esses próximos aos apresentados por Leonardo (2003) para o ingrediente ativo fenoxicarbe.

Segundo Lelis & Everaerts (1993), a diferenciação de soldados em *Reticulitermes santonensis* é um fenômeno biológico afetado por alguns fatores como a sensibilidade dos indivíduos à substância usada e à quantidade de juvenóide ingerida. A formação de intercastas está relacionada, portanto, com a quantidade de análogos de juvenóides ingerida; quanto maior for a quantidade consumida e o tempo de exposição, maior será a formação desses indivíduos. Neste trabalho, portanto, pode ter acontecido que o tempo de exposição dos operários (35 dias no experimento 2) e a porcentagem consumida de piriproxifen contribuíram para a formação de intercastas e não de soldados.

Lelis & Everaerts (1993) acreditam que exista algum mecanismo de auto-regulação da colônia que garanta uma relação operacional das castas, eliminando os soldados em excesso, por exemplo, não os alimentando ou realizando canibalismo. Isso parece ser o que ocorreu nos bioensaios, pois os agrupamentos de *C. gestroi* que apresentaram maior taxa de mortalidade foram aqueles que produziram um número de intercastas mais elevado. Acredita-se que as intercastas necessitam dos operários para a alimentação da mesma forma que os soldados, uma vez que com o desenvolvimento da esclerotização

das mandíbulas, esses indivíduos ficam impossibilitados de se alimentarem sozinhos.

Assim, o ingrediente ativo piriproxifen mostrou-se eficiente na formação de intercastas em concentrações entre 1.000 e 12.500 ppm. Valores maiores que esses podem ter ação de interrupção da alimentação (“feeding deterrent”), uma vez que o consumo diminui muito. Esses resultados contradizem dados da literatura (por exemplo, Haverty & Howard, 1979; Jones, 1984; Su *et al.*, 1985; Su & Scheffrahn, 1989) que afirmam que em espécies que possuem alta porcentagem de soldados como *C. gestroi* (10% a 15% de soldados), o efeito do análogo do hormônio juvenil é pequeno ou nulo, não influenciando o declínio da colônia.

Um estudo de campo realizado por Lenz *et al.* (trabalho não publicado, citado por Hrdý *et al.*, 2004), utilizou uma espécie de alta proporção de soldados (*Coptotermes lacteus*), e eles também demonstraram que após o uso de um análogo do hormônio juvenil essa colônia passou a produzir muitos soldados até que ocorreu a morte da colônia. Portanto, a importância da proporção de soldados como um pré-requisito para o uso de um análogo do hormônio juvenil deve ser questionável, uma vez que a intercasta operário-soldado provoca o mesmo efeito.

6.1.5. Tratamento com o ingrediente ativo fipronil

Os resultados em placa de Petri (experimento 1) para o tratamento com o ingrediente ativo fipronil resultou em 100% de mortalidade nas seguintes concentrações testadas: 10.000, 1.000, 100, 10, 1 e 0,1 ppm. Nas concentrações de 0,0001, 0,001 e 0,01 ppm as taxas de mortalidade foram de 49, 45 e 58 %, respectivamente (Tabela 11).

TABELA 11 – Porcentagem de mortalidade acumulada, sobrevivência mediana e teste de eficiência dos tratamentos com o ingrediente ativo fipronil.

Concentração	% de mortalidade acumulada por dia									S ₅₀ **	Abott
	1	3	6	9	12	15	18	21	25		
Controle *	0	1	2	3	4	5	6	6	7	>25a	-
0,0001ppm	0	3	7	14	22	32	43	47	49	>25d	45%
0,001ppm	0	6	15	24	33	39	44	45	45	>25d	41%
0,01ppm	0	2	4	12	24	38	49	55	58	19d	55%
0,1ppm	0	4	58	76	86	91	98	99	100	6d	100%
1ppm	0	7	79	91	100					5d	100%
10ppm	0	46	100							4d	100%
100ppm	100									5d	100%
1.000ppm	100									4d	100%
10.000ppm	100									3d	100%

Controle* = solvente Acetato de Etila; **S₅₀****= sobrevivência 50%. Letras diferentes após o valor do S₅₀ mostram diferenças significativas de acordo com o log-rank test (b = 0,01 < p < 0,05; c = p < 0,01 em relação ao controle); **Abott** = porcentagem de eficiência.

A comparação das curvas de sobrevivência revelou que todas as concentrações analisadas apresentaram toxicidade significativa em relação ao controle solvente (Figura 38 e Tabela 11). De acordo com o teste log-rank, os valores de qui-quadrado (χ^2) foram: 178,8 e p < 0,0001 (0,0001 ppm); 158,0 e p < 0,0001 (0,001 ppm); 239,8 e p < 0,0001 (0,01 ppm); 867,7 e p < 0,0001 (0,1ppm); 868,8 e p < 0,0001 (1 ppm); 881,6 e p < 0,0001 (10 ppm); 746,7 e p < 0,0001 (100 ppm); 760,8 e p < 0,0001 (1.000ppm) e 787,1 e p < 0,0001 (10.000 ppm). A sobrevivência mediana (S₅₀) dos insetos tratados foi maior que 25 dias para o controle e para as concentrações de 0,0001 e 0,001 ppm. Para os outros tratamentos foram de: 19 dias (0,01ppm), 6 dias (0,1ppm), 5 dias (1ppm), 4 dias (10ppm), 5 dias (100ppm), 4 dias (1.000ppm) e 3 dias (10.000 ppm) (Tabela 11).

Nos bioensaios para o ingrediente ativo fipronil, a fórmula de Abbott foi testada e resultou em 100% de eficiência para as concentrações de 0,1; 1; 10; 100; 1.000 e 10.000 ppm (Tabela 11), embora, a sobrevivência mediana nesses casos tenha sido muito baixa. Para as concentrações de 0,0001; 0,001 e 0,01 ppm a eficiência foi de apenas 45%, 41% e 55%, respectivamente.

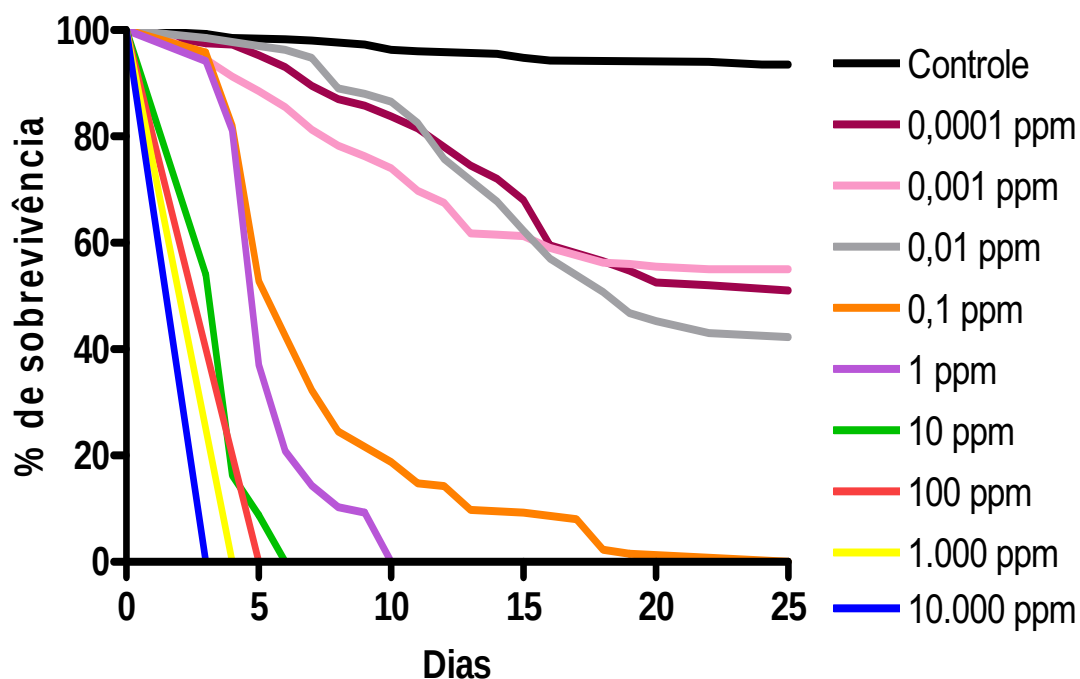


FIGURA 38 – Curva de sobrevivência dos operários de *C. gestroi* (n = 400), submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com fipronil nas diferentes concentrações e controle.

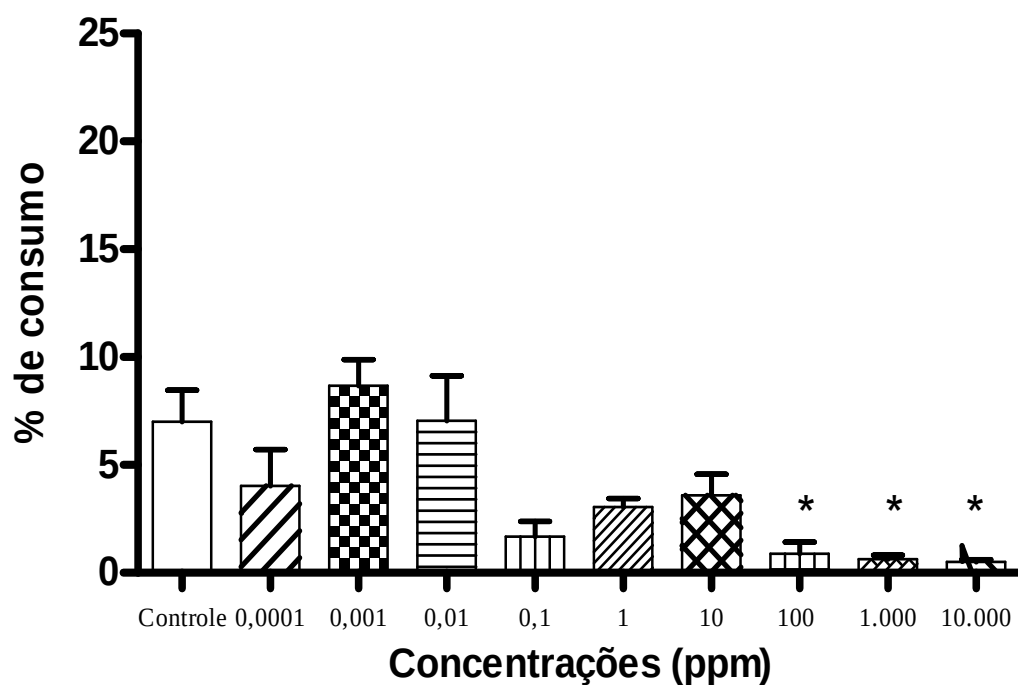


FIGURA 39 – Média e desvio padrão da porcentagem de consumo do papelão impregnado com o ingrediente ativo fipronil nas diferentes concentrações e controle (4 repetições com 100 operários por tratamento). * = indica diferença significativa do valor consumido para cada concentração em relação ao controle (Teste Kruskal-Wallis seguido de uma comparação de grupos pelo método de Dunn, * = $p < 0,05$).

Os dados de consumo do papelão corrugado estão apresentados na Figura 39, onde se pode observar que o consumo nas placas controle só diferiu estatisticamente das concentrações de 100, 1.000 e 10.000 ppm (Kruskal-Wallis e Dunn's, $p < 0,05$), indicando que não ocorreu repelência ou interrupção da alimentação nas demais concentrações (0,0001; 0,001; 0,01; 0,1; 1, 10 ppm).

Com base nos resultados do primeiro experimento foram realizados mais testes (experimento 2) com um maior número de cupins e por um período maior de tempo com as seguintes concentrações: 0,0001, 0,001 e 0,01 ppm.

Os resultados da sobrevivência e consumo dos bioensaios em recipiente plástico (experimento 2) com as concentrações acima estão descritos a seguir. Nas quatro observações realizadas com 14, 21, 28 e 35 dias a porcentagem de sobrevivência e consumo foram iguais a zero, em todas as concentrações testadas, sendo que em todos os casos o controle diferiu estatisticamente dos tratamentos (Tabela 12, Figura 40, 41, 42 e 43) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

Segundo os resultados do experimento 1, a concentração de 0,1 ppm de fipronil parecia a mais indicada para o teste em campo. No entanto, quando foi realizado o experimento 2, a mortalidade total se deu com apenas 14 dias, para as três concentrações testadas (0,0001, 0,001 e 0,01 ppm). Isto sugere que o fipronil não é indicado para ser empregado na forma de isca, pois sua toxicidade é muito alta. Além disso, a contaminação dos cupins ocorreu pelo contato com o papelão corrugado contaminado, e não pelo consumo do mesmo.

Tabela 12 – Porcentagens média* ($\pm$ EP) de sobrevivência e de consumo de *C. gestroi* após 14, 21, 28 e 35 dias expostos ao tratamento com o ingrediente ativo fipronil nas diferentes concentrações e controle.

Concentração (ppm)	% de sobrevivência ^a , consumo ^b e Abbott**											
	14			21			28			35		
	S	C	S	S	C	S	S	C	S	S	C	Abbott**
0	64,1 $\pm$ 2,1a	48,1 $\pm$ 6,0a	86,4 $\pm$ 8,7a	52,7 $\pm$ 8,7a	52,7 $\pm$ 20,3a	54,3 $\pm$ 7,2a	31,7 $\pm$ 8,0a	40,8 $\pm$ 6,2a	67,0 $\pm$ 1,4a			--
0,0001	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	100
0,001	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	100
0,01	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	0,0 $\pm$ 0,0c	100

Porcentagem média* = 4 repetições por período (16 repetições no total); **Letras diferentes comparadas ao controle:** indicam diferenças significativas ($b = p < 0,05$; $c = p < 0,01$ em relação ao controle) ($p < 0,05$; Anova, programa GLM; Tukey HSD) (SAS, 1996). **Abbott** = Porcentagem de eficiência do ingrediente ativo com 35 dias de observação. **S^a** = Sobrevivência e **C^b** = Consumo

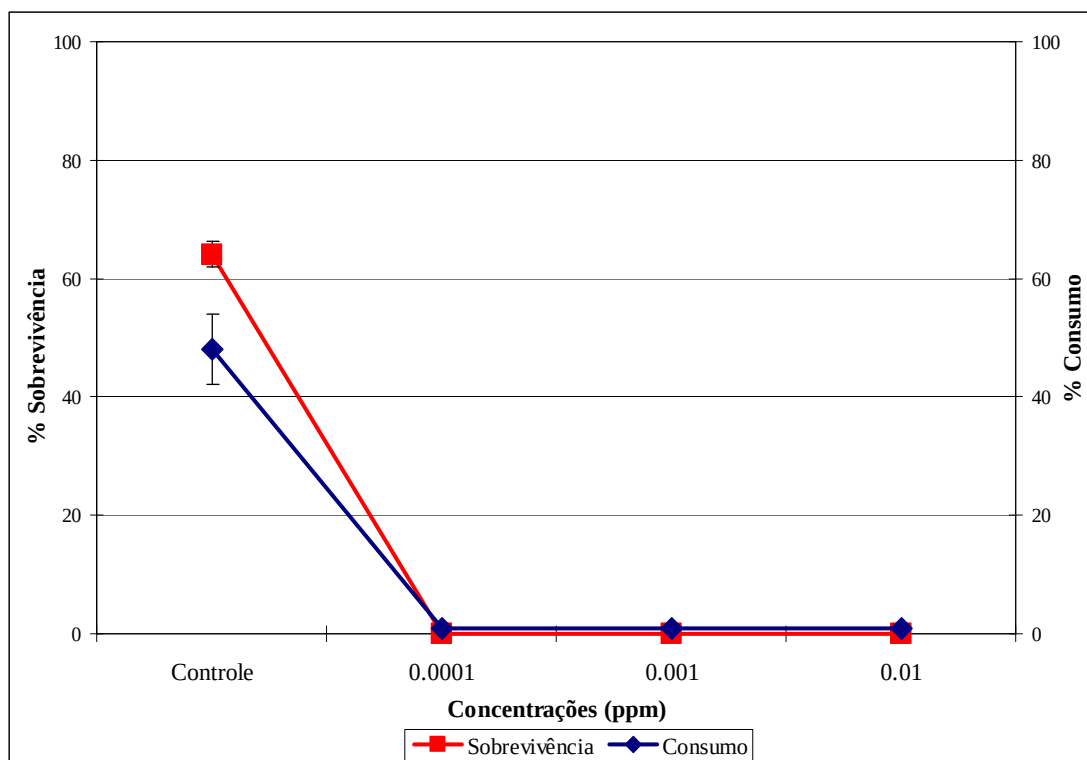


FIGURA 40 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com fipronil nas diferentes concentrações estudadas, observadas com duas semanas (14 dias).

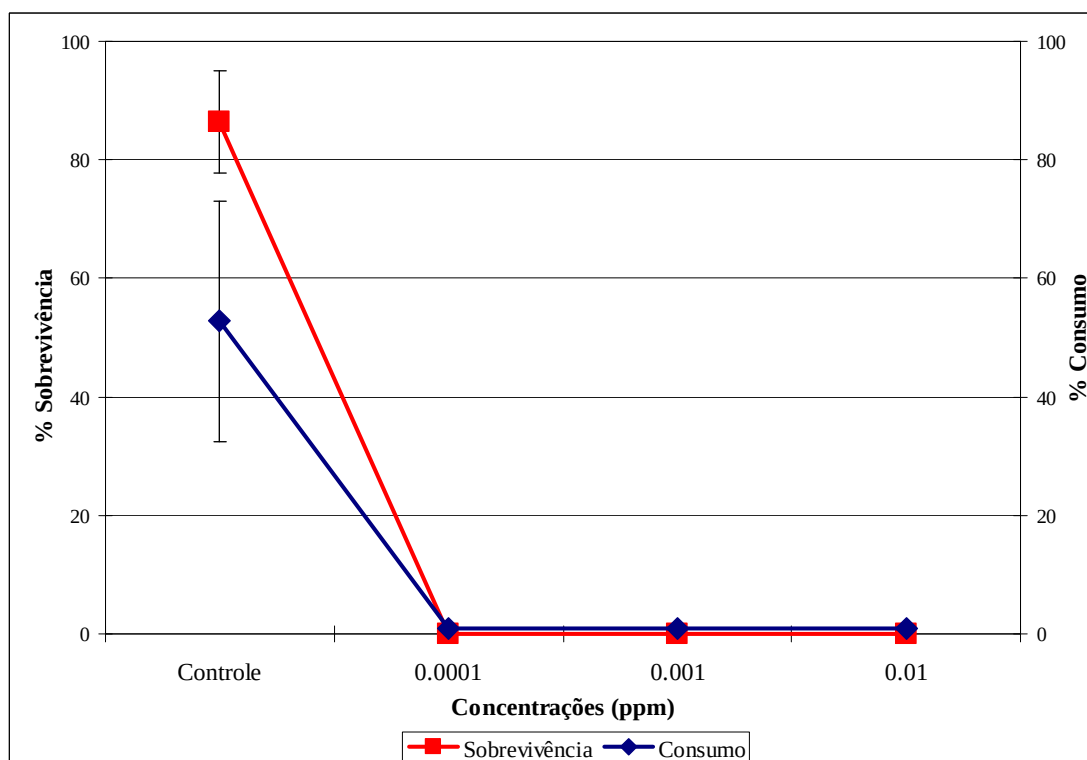


FIGURA 41 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com fipronil nas diferentes concentrações estudadas, observadas com três semanas (21 dias).

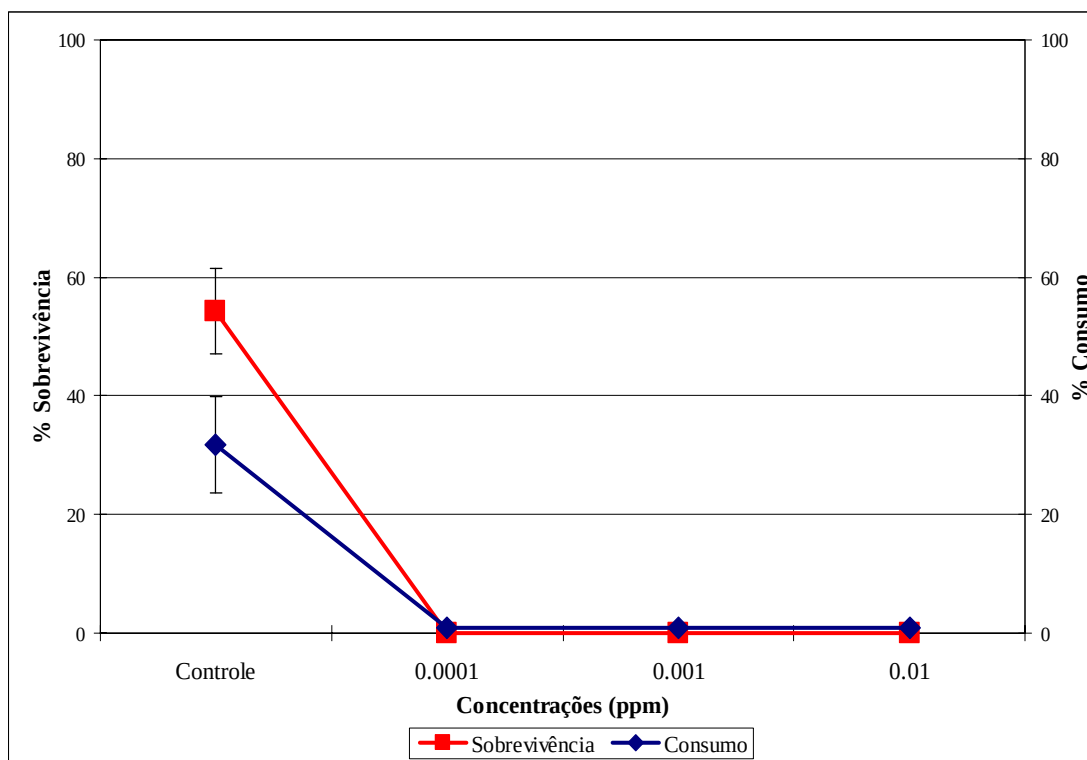


FIGURA 42 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com fipronil nas diferentes concentrações estudadas, observadas com quatro semanas (28 dias).

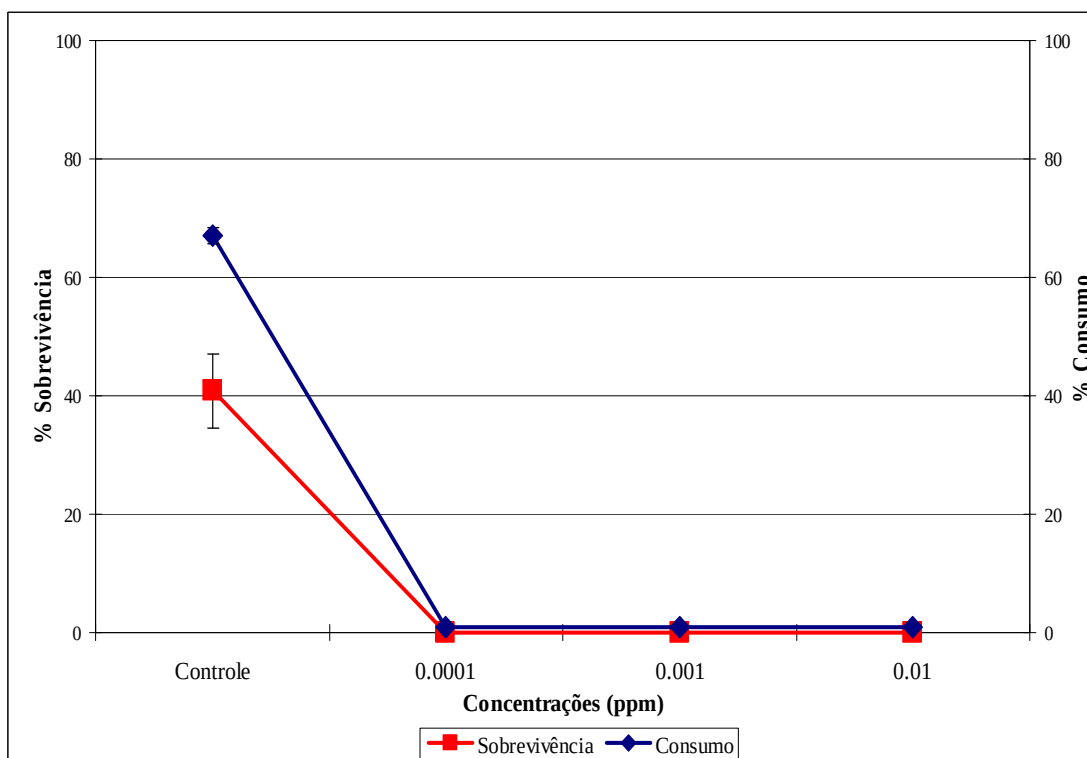


FIGURA 43 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com fipronil nas diferentes concentrações estudadas, observadas com cinco semanas (35 dias).

Segundo Delgarde & Rouland-Lefevre (2001), uma das características positivas para o uso de fipronil seria a transmissão desse ingrediente ativo, por indivíduos contaminados, para outros membros da colônia, embora, ainda não tenha sido comprovado se esta contaminação pelo ingrediente ativo resulta da transmissão por contato ou via trofalaxia. Para outros ingredientes ativos, como hexaflumuron, a transmissão do ingrediente via trofalaxia foi comprovada (Forschler & Rider, 1996). Os resultados do presente trabalho confirmam a contaminação dos cupins por contato, uma vez que não houve consumo nos experimentos desenvolvidos em recipiente plásticos, com uma população maior de cupins (experimento 2).

Shelton & Grace (2003) realizaram bioensaios com o ingrediente ativo fipronil diluído em acetona e disposto na matriz de areia, nas concentrações de 1, 10 e 100 ppm. Após a contaminação da matriz de areia, os operários de cupins foram colocados em contato com a mesma para tunelarem por 24 horas. Depois desse período, 5% desses operários foram transferidos para recipientes com 95% de operários sadios por 15 dias. O melhor resultado obtido foi para a concentração de 100 ppm com 97,8% de mortalidade para os cupins anteriormente contaminados e 38,6% para os cupins inicialmente sadios. Nas outras duas concentrações (1 e 10 ppm) a mortalidade foi próxima a 30% para os cupins anteriormente contaminados e 7% para os contaminados por contato com outros cupins. Os dados, dos citados autores, comprovam a ocorrência de contaminação por contato entre os operários pelo ingrediente ativo fipronil.

Ibrahim *et al.* (2003) realizaram experimentos com *C. formosanus* por meio de aplicação tópica (2,5 ng), visando testar a transmissão de fipronil entre os indivíduos. Os bioensaios foram realizados com 20 operários não contaminados e corados com Azul de Nilo (0,05%), os quais foram colocados em placas com diferentes porcentagens de operários contaminados e sem coloração (0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60%). A taxa de mortalidade foi analisada depois de 24, 48 e 72 horas. Como resultado os referidos autores obtiveram que a porcentagem mínima de operários contaminados necessária para uma transmissão de fipronil eficiente (mortalidade maior de 90%), foi de 40% dos

indivíduos. A hipótese defendida pelos autores é que operários não contaminam soldados de maneira eficiente, embora operários contaminem outros operários com resultados eficientes (100% de mortalidade). Os resultados do presente estudo não corroboram com a hipótese descrita acima, uma vez que no experimento 2 todos os indivíduos (operários e soldados) estavam mortos após 14 dias de contato com o produto fipronil, independente da concentração utilizada.

6.1.6. Tratamento com o ingrediente ativo ácido bórico

Os resultados em placa de Petri (experimento 1) para o tratamento com o ingrediente ativo ácido bórico resultaram em 100% de mortalidade nas concentrações de 5.000 e 10.000 ppm, enquanto as concentrações de 100, 1.000, 2.000, 2.500, 3.000 e 3.500 ppm resultaram em uma mortalidade de 13%, 30%, 98%, 93%, 95% e 91% (Tabela 13). Sendo assim, o melhor resultado com mortalidade >90% foi encontrado nas concentrações de 2.000, 2.500, 3.000, 3.500, 5.000 e 10.000 ppm.

TABELA 13 – Porcentagem de mortalidade acumulada, sobrevivência mediana e teste de eficiência dos tratamentos com o ingrediente ativo ácido bórico.

Concentração	% de mortalidade acumulada por dia									S ₅₀ **	Abott
	1	3	6	9	12	15	18	21	25		
Controle*	0	1	2	3	5	7	10	12	14	>25a	-
100 ppm	0	1	2	2	3	4	7	11	13	>25a	-1%
1.000 ppm	1	1	2	3	4	5	9	19	30	>25d	19%
2.000ppm	0	0	1	2	3	8	22	42	98	22d	98%
2.500 ppm	0	1	1	4	9	40	65	87	93	17d	92%
3.000ppm	1	1	2	6	12	27	61	92	95	18d	94%
3.500ppm	0	2	5	9	18	42	75	91	91	16d	90%
5.000ppm	0	1	9	18	46	75	100			13d	100%
10.000ppm	1	2	6	13	43	79	83	100		13d	100%

Controle* = solvente Acetato de Etila; **S₅₀****= sobrevivência 50%. Letras diferentes após o valor do S₅₀ mostram diferenças significativas de acordo com o log-rank test (b = 0,01 < p < 0,05; c = p < 0,001; d = p < 0,0001 em relação ao controle); **Abott** = porcentagem de eficiência.

A comparação das curvas de sobrevivência revelou que, com exceção da concentração de 100 ppm, todas as outras apresentaram toxicidade significativa em relação ao controle. Embora, na concentração de 1.000 ppm essa diferenciação ocorreu após o 20º dia (Figura 44). De acordo com o teste log-rank, os valores de qui-quadrado (χ^2) foram: 0,9425 e $p = 0,3316$ (100ppm); 64,75 e $p < 0,0001$ (1.000ppm); 1,029 e $p < 0,0001$ (2.000 ppm); 1,086 e $p < 0,0001$ (2.500 ppm); 1,114 e $p < 0,0001$ (3.000 ppm); 1,068 e $p < 0,0001$ (3.500 ppm); 1,515 e $p < 0,0001$ (5.000 ppm); 1,878 e $p < 0,0001$ (10.000ppm).

A sobrevivência mediana não foi definida para o controle e para a concentração de 100 e 1.000 ppm, por serem maiores que 25 dias. Para as concentrações de 2.000, 2.500, 3.000 e 3.500 ppm a sobrevivência mediana foi respectivamente de 22, 17, 18 e 16 dias, sendo consideradas acima do esperado que seria por volta dos 12 dias. Para as concentrações de 5.000 e 10.000 ppm foi de 13 dias (Tabela 13).

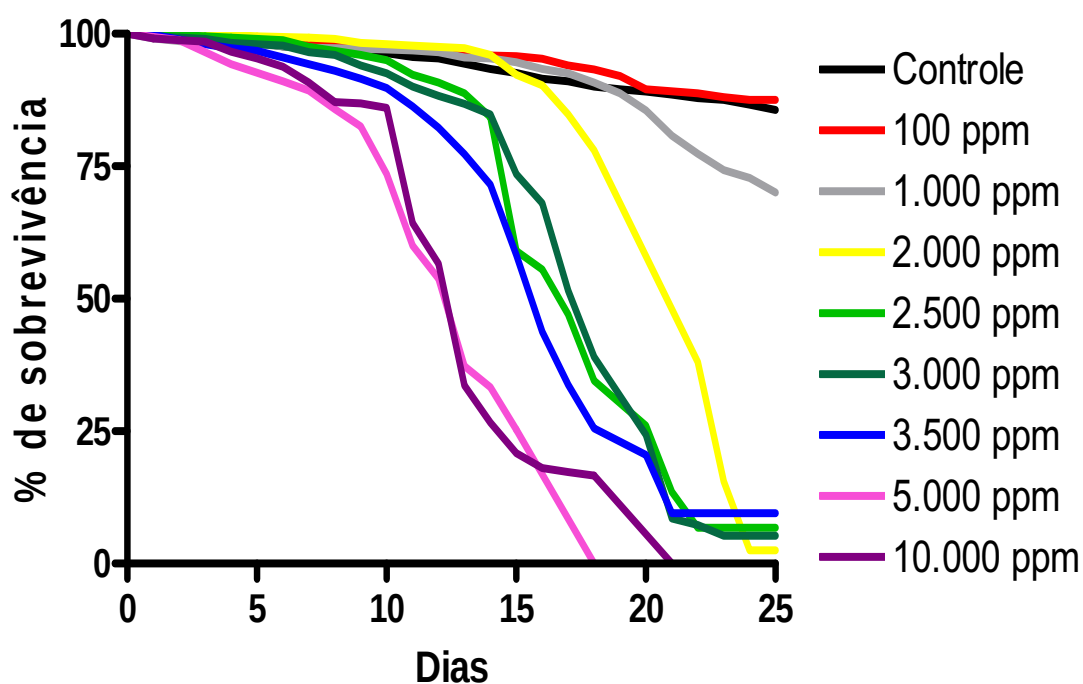


FIGURA 44 – Curva de sobrevivência dos operários de *C. gestroi* ($n = 400$), submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com ácido bórico nas diferentes concentrações e controle.

A fórmula de Abbott (NAKANO *et al.*, 1981), foi aplicada para testar a eficiência do ingrediente ativo ácido bórico com relação à mortalidade. Assim, para a concentração de 100 ppm a porcentagem de eficiência foi negativa (-1%), uma vez que a mortalidade foi menor que o controle. A sobrevivência mediana (S_{50}) foi maior que 25 dias, demonstrando nenhum efeito termiticida para os cupins. Para a concentração de 1.000 ppm a eficiência foi de apenas 19% e a sobrevivência mediana maior que 25 dias. Para a concentração de 2.000 ppm a eficiência foi próxima a esperada (98%), embora a sobrevivência mediana tenha sido muito alta (22 dias). Para as concentrações de 2.500, 3.000 e 3.500 ppm a eficiência do ingrediente ativo foi de 92%, 94% e 90%, respectivamente. Apesar desse resultado ser próximo a 100% de eficiência, a sobrevivência mediana foi alta (17, 18 e 16 dias, respectivamente). Nas concentrações de 5.000 e 10.000 ppm a eficiência do composto foi de 100%, com uma sobrevivência mediana de 13 dias (Tabela 13).

Os dados de consumo do papelão corrugado estão apresentados na figura 45, onde se pode observar que o consumo nas placas controle não diferiu estatisticamente de nenhum dos tratamentos, indicando que a substância é palatável (apreciável e não repelente) para o cupim.

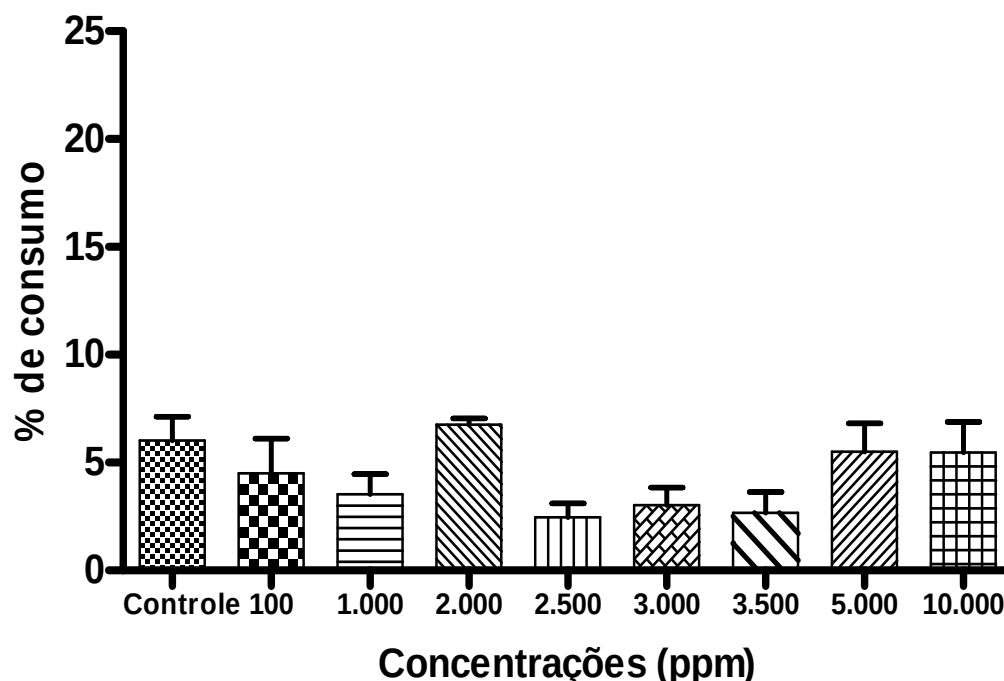


FIGURA 45 – Média e desvio padrão da porcentagem de consumo do papelão impregnado com o ingrediente ativo ácido bórico nas diferentes concentrações e controle (4 repetições com 100 operários por tratamento).

Os resultados obtidos no experimento 1 indicam que o ácido bórico pode ser usado como um inseticida para a espécie *C. gestroi*. Assim, para a segunda etapa dos experimentos em laboratório (experimento 2) foram testadas as concentrações de 1.000, 2.000 e 3.000 ppm.

Os resultados da sobrevivência e consumo dos bioensaios em recipiente plástico (experimento 2) com as concentrações acima estão descritos a seguir. Na primeira observação dos experimentos, após 14 dias, observou-se que não ocorreu diferença estatística na sobrevivência dos operários nos tratamentos quando comparada aquela do controle. O mesmo ocorreu em relação ao consumo (Tabela 14, Figura 46) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

Na segunda observação com 21 dias, a concentração de 1.000 ppm obteve a maior sobrevivência encontrada (77,7%), diferindo estatisticamente do controle e das outras concentrações testadas. O controle e a concentração de 2.000 ppm obtiveram sobrevivências estatisticamente iguais. E a concentração de 3.000 ppm obteve a menor porcentagem de sobrevivência encontrada

(Tabela 14, Figura 47) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). O consumo só diferiu estatisticamente do controle na concentração de 3.000 ppm (Tabela 14, Figura 47) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

Na terceira observação com 28 dias, os resultados para as concentrações de 2.000 e 3.000 ppm foram estatisticamente diferentes daqueles do controle, sendo que a concentração de 3.000 ppm resultou em 100% de mortalidade (Tabela 14, Figura 48) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). Enquanto, o consumo só diferiu estatisticamente do controle na concentração de 3.000 ppm (Tabela 14, Figura 48) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD).

Na quarta observação com 35 dias, todas as concentrações analisadas não diferiram estatisticamente do controle, embora a concentração de 3.000 ppm causou 100% de mortalidade (Tabela 14, Figura 49) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD). O consumo só diferiu estatisticamente do controle para a concentração de 3.000 ppm (Tabela 14, Figura 49) ($p < 0,05$, Anova, programa GLM, Tukey HSD), provavelmente devido à alta mortalidade. Portanto, concentrações entre 3.000 e 2.000 ppm parecem candidatas promissoras para o uso em isca.

TABELA 14 – Porcentagens média* ($\pm$ EP) de sobrevivência e de consumo de *C. gestroi* após 14, 21, 28 e 35 dias expostos ao tratamento com o ingrediente ativo ácido bórico nas diferentes concentrações e controle.

Concentrações (ppm)	% de sobrevivência ^a , consumo ^b e Abbott**											
	14			21			28			35		
	S ^a	C ^b	S ^a	S ^a	C ^b	S ^a	S ^a	C ^b	S ^a	S ^a	C ^b	Abbott**
0	56,7 $\pm$ 10,2a	46,5 $\pm$ 5,0a	50,2 $\pm$ 5,5b	74,8 $\pm$ 1,7a	48,8 $\pm$ 4,5a	81,5 $\pm$ 7,0a	41,8 $\pm$ 6,6a	87,8 $\pm$ 6,2a	--	--	--	--
1.000	56,7 $\pm$ 8,7a	48,8 $\pm$ 4,8a	77,7 $\pm$ 6,4c	63,4 $\pm$ 2,1a	39,3 $\pm$ 5,9a	67,9 $\pm$ 9,7a	30,9 $\pm$ 17,9a	75,9 $\pm$ 17,5a	26	26	26	26
2.000	48,7 $\pm$ 3,9a	43,6 $\pm$ 3,6a	37,7 $\pm$ 5,3a	61,1 $\pm$ 2,7a	19,9 $\pm$ 7,6b	57,2 $\pm$ 9,4a	11,5 $\pm$ 9,4a	65,0 $\pm$ 5,6a	71	71	71	71
3.000	55,6 $\pm$ 2,2a	29,8 $\pm$ 2,1a	0,6 $\pm$ 0,2c	40,5 $\pm$ 5,2c	0,0 $\pm$ 0,0c	21,2 $\pm$ 2,4c	0,0 $\pm$ 0,0a	23,6 $\pm$ 2,7c	100	100	100	100

Porcentagem média* = 4 repetições por período (16 repetições no total); **Letras diferentes comparadas ao controle:** indicam diferenças significativas ($b = p < 0,05$; $c = p < 0,01$ em relação ao controle) ($p < 0,05$; Anova, programa GLM; Tukey HSD) (SAS, 1996). **Abbott**** = Porcentagem de eficiência do ingrediente ativo com 35 dias de observação. **S^a** = Sobrevivência e **C^b** = Consumo

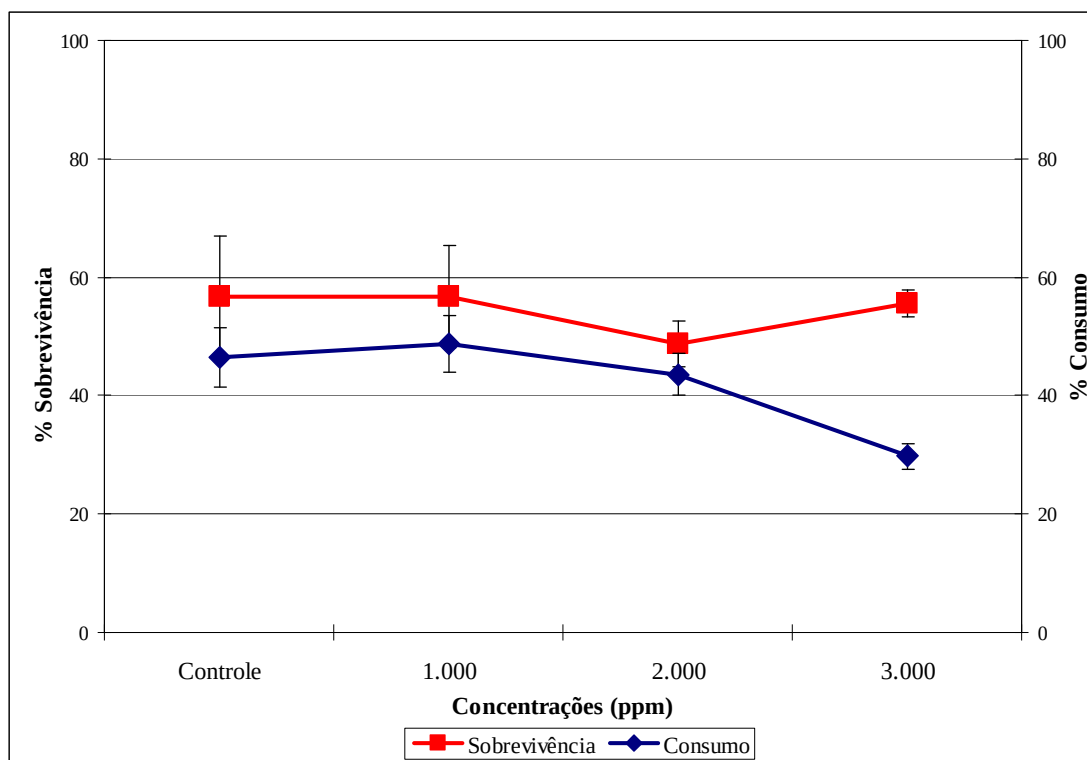


FIGURA 46 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com ácido bórico nas diferentes concentrações estudadas, observadas com duas semanas (14 dias).

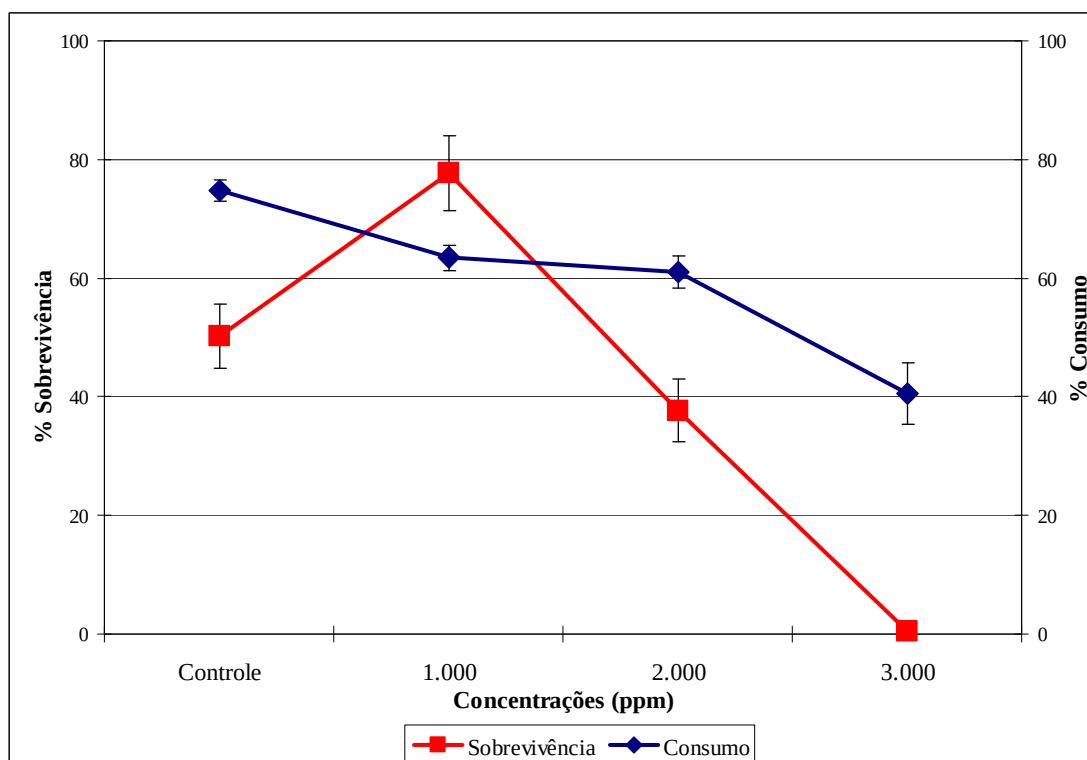


FIGURA 47 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com ácido bórico nas diferentes concentrações estudadas, observadas com três semanas (21 dias).

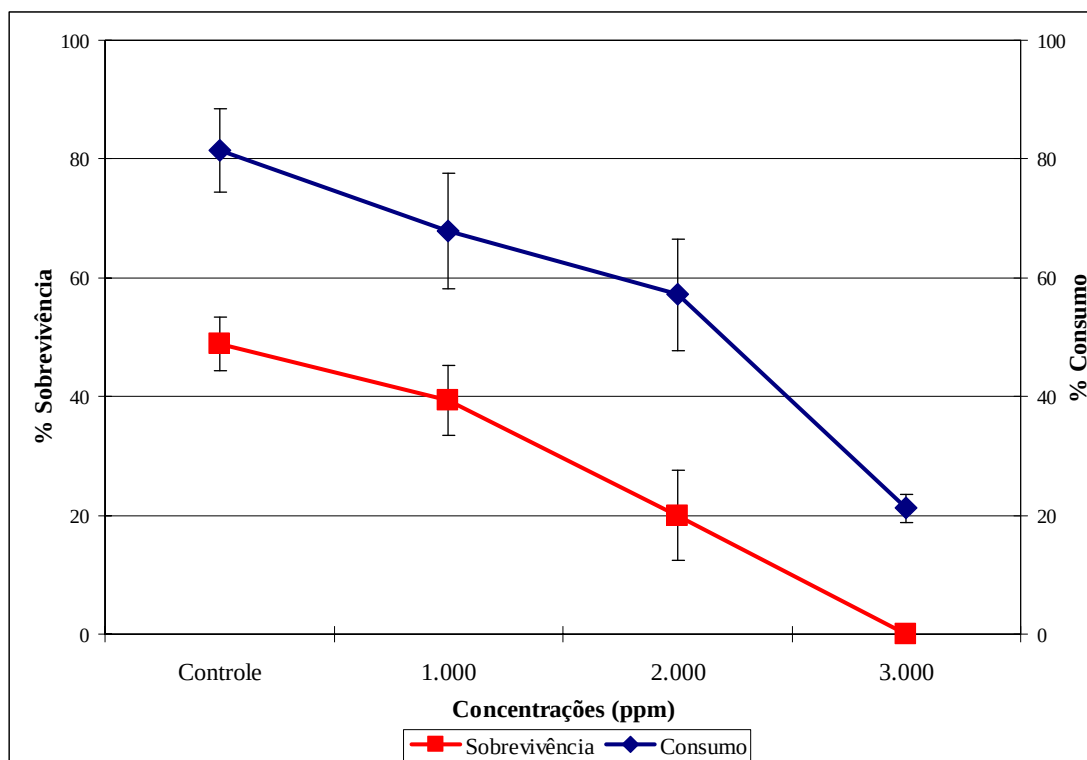


FIGURA 48 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com ácido bórico nas diferentes concentrações estudadas, observadas com quatro semanas (28 dias).

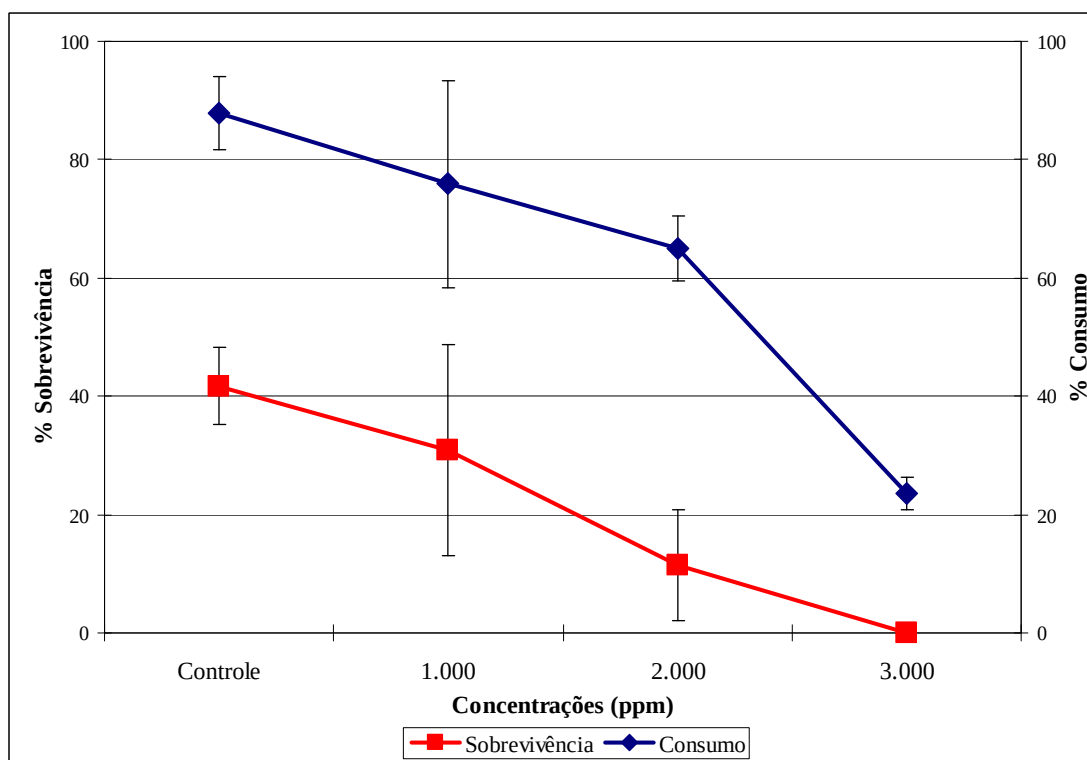


FIGURA 49 – Porcentagens média de sobrevivência e consumo ($\pm$ EP) de *C. gestroi* (n = 600) submetidos à alimentação de papelão corrugado impregnado com ácido bórico nas diferentes concentrações estudadas, observadas com cinco semanas (35 dias).

Grace *et al.* (1990) realizaram testes com um sal de boro (octoborato dissódico tetrahidratado) durante 15 dias, com os cupins subterrâneos da espécie *Reticulitermes flavipes* (Kollar). Segundo os autores, os bioensaios indicam que concentrações entre 2.500 e 5.000 ppm são interessantes para aplicação no desenvolvimento de iscas para cupins. Além disso, os autores também verificaram que concentrações maiores que 5000 ppm podem ter a ação de interrupção da alimentação (“feeding deterrent”) para os cupins subterrâneos da espécie *R. flavipes*. O mesmo não foi observado nos resultados obtidos aqui, no presente trabalho com a espécie *C. gestroi*. Já que não ocorreu diferença significativa no consumo alimentar dos tratamentos quando comparado com o controle.

Grace *et al.* (1992) também utilizaram um tipo de sal de boro (octoborato dissódico tetrahidratado), mas com a espécie subterrânea *Coptotermes formosanus*. Os resultados foram de 100% de mortalidade em três semanas, para as concentrações acima de 3.500 ppm. Esses dados são mais próximos aos obtidos nesse trabalho para a concentração de 10.000 ppm de ácido bórico (mortalidade de 100% em três semanas).

MYLES (1994) realizou experimentos de alimentação forçada com *C. formosanus* nas concentrações de 0,85% e 1% (8.500 e 10.000 ppm, respectivamente). O material oferecido consistia de uma madeira impregnada com um tipo de sal de boro (octoborato dissódico tetrahidratado) (TIMBOR®). O consumo de madeira foi maior nos bioensaios tratados com TIMBOR® do que nos controles, embora a mortalidade tenha sido de 100% nos tratamentos. Esses resultados são compatíveis com os observados por GRACE *et al.* (1992), onde concentrações maiores que 1,02% podem limitar o consumo dos cupins.

Outros estudos têm sido realizados com diferentes compostos derivados do boro, para uso em isca, com outras espécies de cupins subterrâneos, tais como *Heterotermes aureus* (Snyder) (JONES, 1991) e *R. virginicus* (Banks) (FORSCHLER, 1996a). Para *H. aureus* e *R. virginicus*, o consumo de materiais impregnado com uma concentração maior que 5.000 ppm causou interrupção

da alimentação (SHELTON & GRACE, 2001). No presente trabalho foi notada interrupção da alimentação para concentrações a partir de 3.000 ppm.

Segundo Grace *et al.* (1992), quando altas concentrações de um tipo de sal de boro (octoborato dissódico tetrahidratado) (120 g/L) foram utilizadas, populações de protozoários do intestino dos cupins foram grandemente reduzidas (após 4 dias), mas não foram totalmente eliminadas até que os cupins estivessem mortos. Segundo esses autores, não foi determinado se o ácido bórico é diretamente tóxico para os protozoários ou se os protozoários são afetados secundariamente como um resultado da toxicidade do ácido bórico para os cupins. Entretanto, a mortalidade dos cupins não é resultado direto do jejum dos cupins devido à redução dos protozoários, isto porque, cupins subterrâneos podem sobreviver até 30 dias sem a fauna de protozoários (GRACE *et al.*, 1992).

Há muitos anos que alguns países utilizam sais de boro na proteção de madeiras contra cupins, formigas carpinteiras e fungos. Na Nova Zelândia, por exemplo, o uso de sais de boro em estruturas de madeira já é praticado há mais de 50 anos (VINDEN, 1990). Além disso, a utilização desse produto em pequenas concentrações, na forma de isca, parece ser de grande interesse de muitos pesquisadores. Uma outra vantagem para o seu emprego em iscas seria que, mesmo em altas concentrações não é notada repelência ou diminuição da alimentação.

6.2. Testes de campo

6.2.1. Estimativa do tamanho da população de forrageiros e do território de forrageamento das colônias de *Coptotermes gestroi* e de *Heterotermes tenuis*

Os números de operários capturados que foram marcados e liberados, os recapturados e os marcados entre os recapturados, durante a técnica de tripla marcação e recaptura estão representados na tabela 15 para as espécies de *C. gestroi* e *H. tenuis*.

Na área 1, a técnica de captura e recaptura indicou a presença de duas colônias de cupins, uma da espécie *C. gestroi* e outra da espécie *H. tenuis*. Dos 178 pontos onde foram colocadas estacas, 26 apresentaram cupins, as quais foram consideradas estações de monitoramento e foram substituídas por armadilhas de papelão corrugado. A colônia de *C. gestroi* (colônia I) foi caracterizada pela presença de 11 pontos infestados e a colônia de *H. tenuis* (colônia II) pela presença de 17 pontos infestados. Contudo, durante a marcação, a estação de número 166 apresentou-se inicialmente infestada por *H. tenuis* e, posteriormente, por *C. gestroi* (Tabela 15; Figura 50).

Na área 2, também foram estimadas duas colônias de cupins, sendo uma correspondente a espécie *C. gestroi* (colônia III) e outra a espécie *H. tenuis* (colônia IV). Nessa área foram colocadas 55 estacas dispostas ao redor da construção e jardim, das quais 14 apresentaram cupins, as quais foram consideradas estações de monitoramento e as estacas substituídas por armadilhas de papelão corrugado. A colônia III foi caracterizada pela presença de operários corados de *C. gestroi* em 10 dos 14 pontos e a colônia IV pela presença de operários corados de *H. tenuis* em 6 pontos. Durante a marcação, nas estações de número 2 e 28 apareceram as duas espécies de cupins em diferentes coletas (Tabela 15; Figura 51).

Na área 3 foi identificada apenas uma colônia da espécie *C. gestroi* (colônia V). Neste local foram colocadas 17 estacas ao redor do prédio, onde 9 apresentaram atividade de cupins, as quais foram consideradas estações de monitoramento e essas estacas substituídas por armadilhas de papelão corrugado. A colônia V foi identificada pela presença de operários corados de *C. gestroi* em 7 armadilhas (colônia V, Tabela 15; Figura 52). Apesar de algumas estações de monitoramento apresentarem armadilhas infestadas com *H. tenuis* nesta área, não foi possível determinar a marcação devido à baixa infestação da área por essa espécie de cupim.

TABELA 15. Número de operários marcados liberados, capturados e marcados entre os capturados durante o protocolo de tripla marcação e recaptura nas colônias de *Coptotermes gestroi* e *Heterotermes tenuis*.

Áreas	Colônias	Espécies	Ciclos	ri	Ni	mi
I	I	<i>C. gestroi</i>			25.896	
			1º	17.360 (33)	(33, 34, 35, 36, 37, 130, 131, 132, 166, T3)	895
			2º	24.885 (33, 34, 35, 36, 37, 130, 131, 132, 166, T3)	14.830 (33, 34, 35, 36, 105, 130, 131, 132, 166)	878
			3º	13.110 (33, 34, 35, 36, 105, 130, 131, 132, 166, T3)	18.640 (33, 34, 35, 36, 105, 130, 131, 132, T3)	1.236
			1º	1.319 (166)	4.890 (32, 39, 55, 162, L1, T1, T2)	24
			2º	4.730 (32, 39, 55, 162, L1, T1, T2)	3.475 (38, 39, 40, 41, 44, 48, 54, 55, 59, 162, 163, 164, L1, T1, T2)	32
II	III	<i>C. gestroi</i>	3º	3.071 (38, 39, 40, 41, 44, 48, 54, 55, 59, 162, 163, 164, L1, T1, T2)	2.441 (32, 39, 40, 41, 44, 48, 54, 55, 163, 164, L1, T1, T2)	63
			1º	3.028 (21)	17.466 (2, 46, 52, 55)	47
			2º	17.066 (2, 46, 52 e 55)	5.992 (1, 2, 28, 46, 48, 55)	176
			3º	5.892 (1, 2, 28, 46, 48, 55)	7.657 (1, 2, 14, 28, 31, 48)	250
			1º	1.361 (2)	2.597 (28, 29, 34)	110
			2º	2.490 (28, 29, 34)	2.029 (29, 34, 35)	252
III	V	<i>C. gestroi</i>	3º	1.897 (29, 34, 35)	3.621 (29, 30, 34, 35)	58
			1º	3.925 (8)	8.359 (5, 7, 8, 9)	149
			2º	7.251 (5, 7, 8, 9)	11.387 (1, 2, 5, 6, 7, 9, 14)	241
			3º	10.280 (1, 2, 5, 6, 7, 9, 14)	499 (1, 2, 5, 7, 8, 9)	98

ri: número de indivíduos marcados e liberados; ni: número total de indivíduos capturados; mi: número de indivíduos marcados que foram recapturados. Os números entre parênteses correspondem às estações de monitoramento, nas quais os operários foram capturados ou liberados.

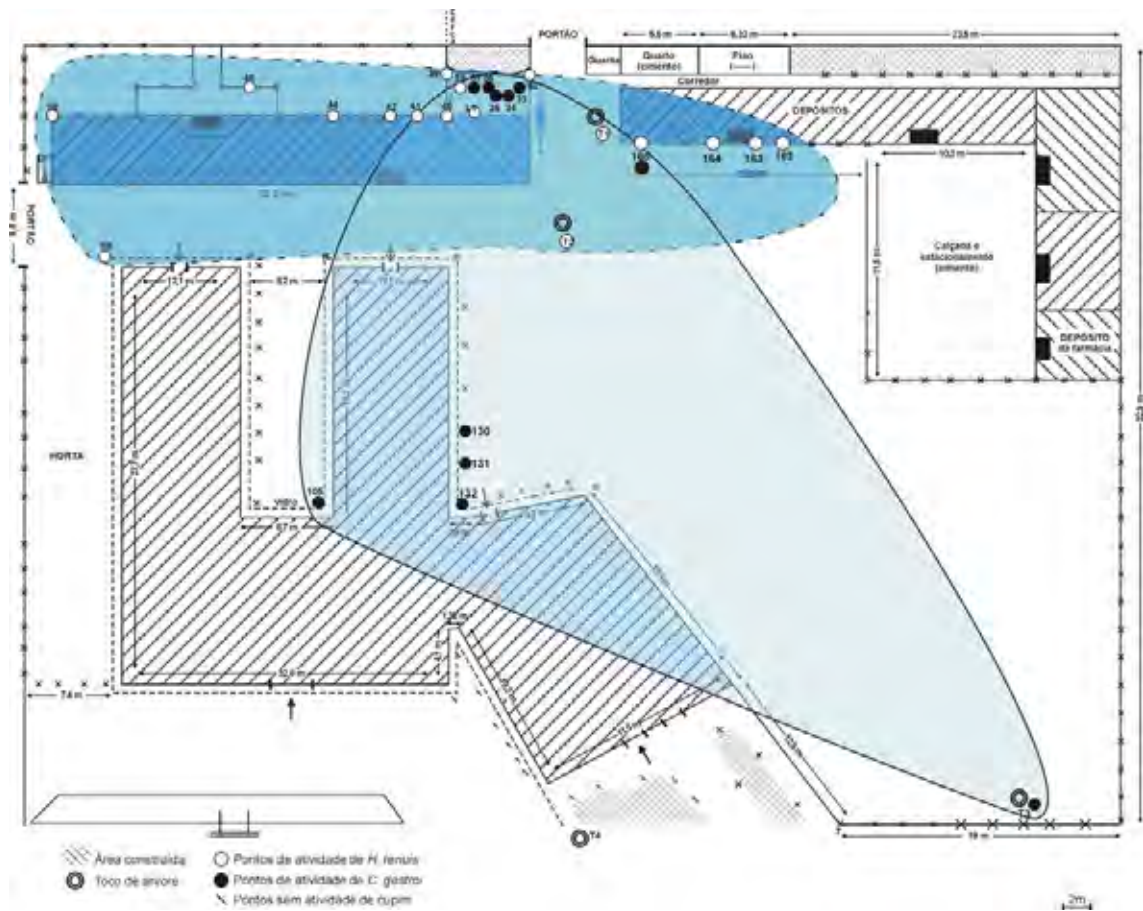


FIGURA 50. Território de forrageamento (Área 1) de uma colônia de *C. gestroi* (área sombreada com linha contínua) e uma de *H. tenuis* (área sombreada com linha pontilhada) na área I. Os círculos pretos indicam as estações de monitoramento com atividade de *C. gestroi*, os círculos brancos indicam as estações de monitoramento com atividade de *H. tenuis*, e os pontos com estacas de *Pinus sp.* que não apresentaram atividade de cupins estão identificados por um X.

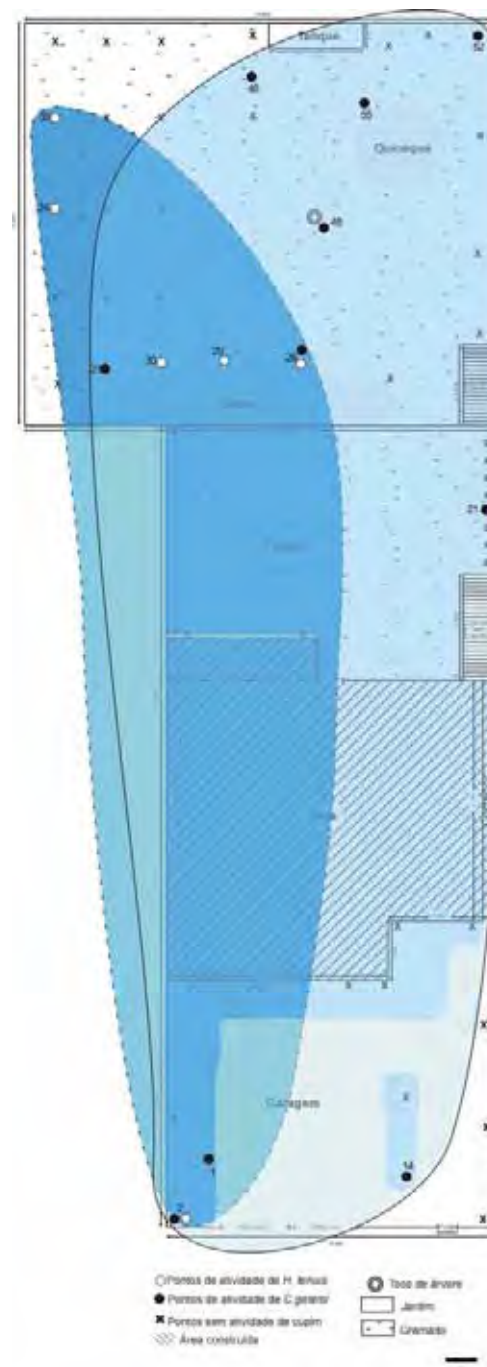


FIGURA 51. Território de forrageamento (Área 2) de uma colônia de *C. gestroi* (área sombreada com linha contínua) e uma de *H. tenuis* (área sombreada com linha pontilhada). Os círculos pretos indicam as estações de monitoramento com atividade de *C. gestroi*, os círculos brancos indicam as estações de monitoramento com atividade de *H. tenuis*, e os pontos com estacas de *Pinus sp.* que não apresentaram atividade de cupins estão identificados por um X.

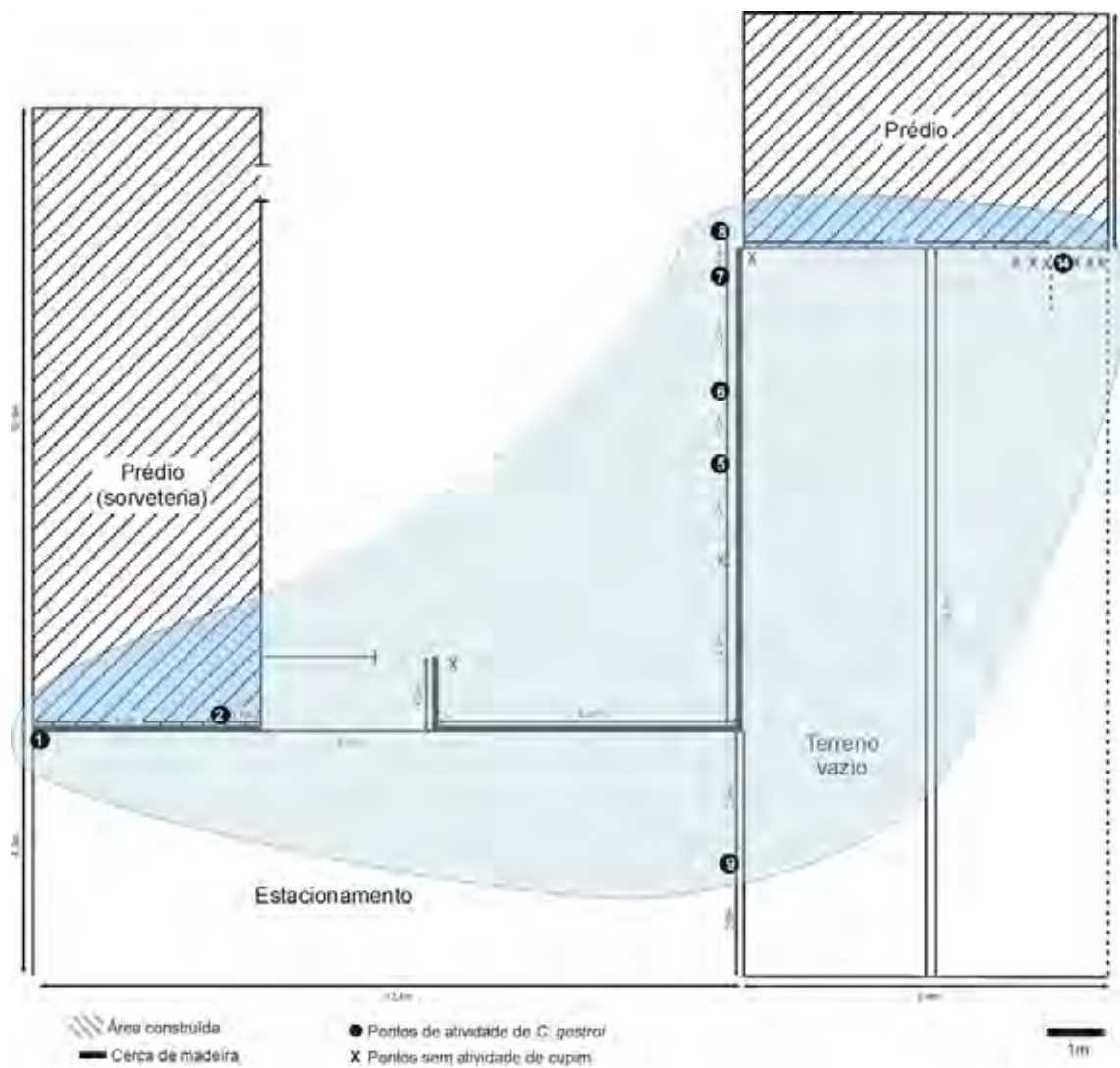


FIGURA 52. Território de forrageamento (área sombreada) de uma colônia de *C. gestroi* na área 3. Os círculos pretos indicam as estações de monitoramento com atividade de *C. gestroi* e os pontos com estacas de *Pinus sp.* que não apresentaram atividade de cupins estão identificados por um X.

Em todo o estudo, a porcentagem total de indivíduos marcados recapturados nas estações de monitoramento apresentou grande variação entre colônias. Para as colônias I, III e V de *C. gestroi* as porcentagens de recaptura foram respectivamente, de 6,0%, 2,2% e 2,7% e para as colônias II e IV de *H. tenuis* foram respectivamente, 1,5% e 7,0% (Tabela 15).

O corante Azul de Nilo (0,1%) para *H. tenuis* e Vermelho Neutro (0,1%) para *C. gestroi* resultaram em uma coloração intensa e uniforme em todos os operários das duas espécies confinados nas placas de Petri (Figura 53). Em experimentos preliminares realizados no laboratório, a marcação com os dois corantes na concentração de 0,1% foi retida pelos operários por mais de 40 dias e a taxa de sobrevivência esteve ao redor de 95%. Já nos soldados das duas espécies, a marcação resultou ser fraca e, portanto, essa casta não foi utilizada na estimativa do tamanho da população por meio do protocolo de marcação e recaptura. Nas estações de monitoramento, observou-se uma grande variação de intensidade do corante no corpo dos insetos nas três recapturas, sendo que unicamente os indivíduos que apresentaram uma coloração intensa foram contabilizados como indivíduos corados no cálculo das estimativas.

A estimativa do tamanho da população de forrageiros quando calculada por meio do Índice de Lincoln e seu erro padrão apresentaram uma grande variação entre os ciclos do protocolo de marcação e recaptura para todas as colônias apresentadas nesse trabalho (Tabela 16).

Para a colônia I de *C. gestroi*, o valor máximo atingindo pelo cálculo do Índice de Lincoln foi de 504.041 ± 16.519 indivíduos no primeiro ciclo de recaptura. Já na colônia II de *H. tenuis* o maior valor foi calculado para o segundo ciclo do protocolo (513.648 ± 85.039 indivíduos). A colônia III apresentou seu maior valor no primeiro ciclo do protocolo ($1.125.256 \pm 157.194$ indivíduos). A colônia IV de *H. tenuis*, diferente das demais colônias apresentou seu maior valor no último ciclo do protocolo (118.431 ± 14.911 indivíduos). Para a colônia V de *C. gestroi* o maior valor foi obtido no segundo ciclo do protocolo (342.602 ± 21.655 indivíduos) (Tabela 16).



FIGURA 53. Operários de *C. gestroi* (Figura A) e *H. tenuis* (Figura B) após 7 dias de alimentação com papel filtro corado, respectivamente, com Vermelho Neutro (0,1%) e Azul de Nilo (0,1%).

TABELA 16. Estimativa do tamanho da população de forrageiros e erro padrão ($\pm$ EP) obtido pelo Índice de Lincoln para as espécies *C. gestroi* e *H. tenuis*.

Áreas	Colônias	Espécies	Estimativa do tamanho da população ($\pm$ EP)*			
			1º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	Média
I	I	<i>C. gestroi</i>	504.041 $\pm$ 16.519	420.324 $\pm$ 13.744	197.711 $\pm$ 5.425	374.025 $\pm$ 11.896
	II	<i>H. tenuis</i>	268.746 $\pm$ 50.478	513.648 $\pm$ 85.039	118.989 $\pm$ 14.342	300.461 $\pm$ 50.043
II	III	<i>C. gestroi</i>	1.125.256 $\pm$ 157.194	581.019 $\pm$ 42.666	180.460 $\pm$ 11.136	628.912 $\pm$ 70.332
	IV	<i>H. tenuis</i>	32.131 $\pm$ 2.945	20.048 $\pm$ 1.173	118.431 $\pm$ 14.911	56.870 $\pm$ 6.343
III	V	<i>C. gestroi</i>	220.195 $\pm$ 17.641	342.602 $\pm$ 21.655	52.344 $\pm$ 4.649	205.047 $\pm$ 14.648

*EP: erro padrão da estimativa.

A população de forrageamento da colônia I (área 1) de *C. gestroi* estimada pelo método da média ponderada foi avaliada em 985.417 ± 12.501 indivíduos. Os cupins marcados foram recapturados a uma distância linear máxima de 76,1 m do seu ponto inicial de liberação e o território de forrageamento abrangeu uma área de aproximadamente $2.257,6 \text{ m}^2$ (Tabela 17). O peso médio individual do operário de *C. gestroi* na área I foi de $3,2 \pm 0,1$ mg. A biomassa forrageira foi estimada em 3,1 Kg.

A colônia II (área 1) com cupins da espécie *H. tenuis*, também localizada na área I, resultou em uma população forrageira de 347.573 ± 31.999 indivíduos pelo método da média ponderada. Em *H. tenuis*, o território de forrageamento foi de $587,4 \text{ m}^2$ e a distância linear máxima percorrida pelos cupins dessa espécie foi de aproximadamente 45,1 m (Tabela 17). O peso médio individual do operário de *H. tenuis* na área I foi de $2,3 \pm 0,1$ mg. A biomassa forrageira foi estimada em 0,8 Kg.

A população forrageira de *C. gestroi* da colônia III (área 2) foi estimada em 781.173 ± 35.956 indivíduos pelo método da média ponderada. O território de forrageamento foi de $458,9 \text{ m}^2$ e a distância linear máxima percorrida por eles foi de aproximadamente 38,5 m (Tabela 17). O peso médio individual do operário de *C. gestroi* na área II foi de $2,5 \pm 0,1$ mg. A biomassa forrageira foi estimada em 1,9 Kg.

A população de forrageamento de *H. tenuis* na colônia IV (área 2) foi estimada pelo método da média ponderada em 72.750 ± 3.554 indivíduos. Os cupins marcados foram recapturados a uma distância linear máxima de 37,7 m do seu ponto inicial de liberação e o território de forrageamento abrangeu uma área de aproximadamente $417,2 \text{ m}^2$ (Tabela 17). O peso médio individual do operário de *H. tenuis* na área II foi de $2,0 \pm 0,1$ mg. A biomassa forrageira foi estimada em 0,1 Kg.

A população forrageira de *C. gestroi* na colônia IV (área 3) foi estimada em 246.433 ± 11.167 indivíduos pelo método da média ponderada. O território de forrageamento foi de $285,9 \text{ m}^2$ e a distância linear máxima percorrida por eles foi de aproximadamente 24,2 m (Tabela 17). O peso médio individual do

operário de *C. gestroi* na área 3 foi de $3,6 \pm 0,1$ mg. A biomassa forrageira foi estimada em 0,9 Kg.

TABELA 17. Estimativa do tamanho da população de forrageiros ($\pm$ EP) obtida pelo método da média ponderada para as colônias de *C. gestroi* e *H. tenuis*, e do território de forrageamento e distância máxima linear percorrida pelos forrageiros

Áreas	Colônias	Espécies	População ($\pm$ EP)*	Território de forrageamento (m ²)	Distância máxima (m)
I	I	<i>C. gestroi</i>	985.417 $\pm$ 12.501	2.257,6	76,1
	II	<i>H. tenuis</i>	347.573 $\pm$ 31.999	587,4	45,1
II	III	<i>C. gestroi</i>	781.173 $\pm$ 35.956	458,9	38,5
	IV	<i>H. tenuis</i>	72.750 $\pm$ 3.554	417,2	37,7
III	V	<i>C. gestroi</i>	246.433 $\pm$ 11.167	285,9	24,2

*EP: erro padrão da estimativa.

Nas duas espécies de cupins estudadas, a média da estimativa do tamanho da população pelo Índice de Lincoln (Tabela 16) para os três ciclos do protocolo foi menor que a estimativa pelo método da Média Ponderada (Tabela 17). Por outro lado, o erro padrão da estimativa da Média Ponderada esteve ao redor do 4,9% do valor total da estimativa da população nas duas espécies de cupins (Tabela 17), enquanto que o erro padrão da média da estimativa do tamanho da população pelo Índice de Lincoln atingiu o valor médio de 9,9% (Tabela 16).

Durante a estimativa das populações de forrageamento de *C. gestroi* nas três áreas escolhidas também foram encontradas populações de *H. tenuis*. Isto porque *C. gestroi*, uma espécie de cupim introduzida, ocupa o mesmo ambiente da espécie nativa *H. tenuis* em áreas urbanas e, assim, ambas competem pelo mesmo alimento, sendo muitas vezes até encontradas em diferentes lados de uma mesma armadilha (Costa-Leonardo *et al.*, 2003). A estimativa da população de forrageamento foi diferente entre as colônias de *C. gestroi* e *H. tenuis*, sendo maiores em *C. gestroi*. A espécie nativa *H. tenuis* possui normalmente populações pequenas quando comparadas àqueles de *C.*

gestroi, que é uma espécie introduzida, mais agressiva e não possui predadores naturais.

Costa-Leonardo & Camargo-Dietrich (1999) também observaram a presença da espécie nativa *H. tenuis* dentro do território de forrageamento da espécie introduzida *C. gestroi*, indicando uma forte probabilidade de ocorrência de competição interespecífica. Su & Scheffrahn (1988b) também observaram a invasão dos sítios de forrageamento da espécie nativa *Reticulitermes flavipes* pela espécie introduzida *C. formosanus*, o que reforça a agressividade do gênero *Coptotermes* em relação aos outros cupins da família Rhinotermitidae. De acordo com esses mesmos autores, em algumas áreas da Louisiana, nos Estados Unidos, o cupim *C. formosanus* substituiu completamente as espécies nativas de *Reticulitermes*.

Os resultados referentes ao tamanho das colônias obtidos nesse trabalho para *C. gestroi* foram menores do que os valores encontrados normalmente para o gênero *Coptotermes* conforme pode-se observar na tabela 18 (SU & SCHEFFRAHN, 1988b; SORNNUWAT *et al.*, 1996; EVANS *et al.*, 1998; LEE, 2002). Contudo, esses dados estão próximos às estimativas populacionais descritas para a mesma espécie no Brasil, os quais também estão expostos na tabela 18 (COSTA-LEONARDO & CAMARGO-DIETRICH, 1999; COSTA-LEONARDO *et al.*, 2003; ARAB *et al.*, 2005).

Como comentado anteriormente, na tabela 18, pode-se observar as estimativas do tamanho das populações de forrageamento em várias espécies de cupins subterrâneos. Para a espécie *H. tenuis* os valores do tamanho de colônias encontrados são próximos aos descritos para o gênero *Reticulitermes* (FORSCHLER & TOWNSEND, 1996). Além disso, esses dados podem ser comparados aos valores obtidos para outras colônias de *H. tenuis* conforme pode ser observado na tabela 18 (COSTA-LEONARDO *et al.*, 2003; ARAB *et al.*, 2005).

TABELA 18. Tamanho da população de forrageiros em espécies de cupins subterrâneos de acordo com dados da literatura.

Espécie de cupim	População de forrageio	Modelo matemático	Referências Bibliográficas
<i>Reticulitermes flavipes</i>	170.832 - 5.009.612	Média Ponderada	FORSCHLER & TOWNSEND (1996)
	2.084.219 - 3.187.538	Índice de Lincoln	
<i>Reticulitermes virginicus</i>	92.299 - 156.997	Média Ponderada	FORSCHLER & TOWNSEND (1996)
	51.131 - 153.945	Índice de Lincoln	
<i>Coptotermes formosanus</i>	1.440.000 - 6.860.000	Média Ponderada	SU & SCHEFFRAHN (1988b)
<i>Coptotermes travians</i>	3.200.000 - 13.000.000	Média Ponderada	LEE (2002)
<i>Coptotermes gestroi</i>	1.127.000 - 2.750.000	Média Ponderada	SORNNUWAT <i>et al.</i> (1996)
<i>Coptotermes lacteus</i>	3.846.329 - 18.834.481	Média Ponderada	EVANS <i>et al.</i> (1998)
	11.718.537 - 33.327.481	Índice de Lincoln	
<i>Coptotermes gestroi</i>	729.918	Média Ponderada	COSTA-LEONARDO & CAMARGO-DIETRICH (1999)
<i>Coptotermes gestroi</i>	575.721 - 1.186.018	Média Ponderada	COSTA-LEONARDO (2002)
<i>Heterotermes tenuis</i>	389.313 – 641.600	Média Ponderada	COSTA-LEONARDO <i>et al.</i> (2003)
<i>Coptotermes gestroi</i>	655.17 – 1.995.427	Média Ponderada	ARAB <i>et al.</i> (2005)
	571.194 – 1.811.768	Índice de Lincoln	
<i>Heterotermes tenuis</i>	286.678 - 1.372.923	Média Ponderada	ARAB <i>et al.</i> (2005)
	200.739 - 933.235	Índice de Lincoln	
<i>Coptotermes gestroi</i>	246.433 a 985.417	Média Ponderada	CASARIN (presente estudo)
	205.047 a 628.912	Índice de Lincoln	
<i>Heterotermes tenuis</i>	72.750 a 347.573	Média Ponderada	CASARIN (presente estudo)
	56.870 a 300.461	Índice de Lincoln	

Diferenças do tamanho da população entre espécies de cupins são evidentes, indicando que algumas espécies formam colônias maiores que outras. Contudo, as diferenças das estimativas observadas entre uma mesma espécie podem estar associadas com o tamanho da colônia, variações ambientais, tamanho da fonte de alimento e competição (WALLER & LA FAGE, 1987), ou também com a metodologia dos protocolos de marcação e recaptura utilizada em cada estudo.

Nesse estudo, os dois métodos utilizados para o cálculo da estimativa do tamanho da população mostraram resultados diferentes em *C. gestroi* e *H. tenuis* durante os três ciclos do protocolo de marcação e recaptura. As estimativas do Índice de Lincoln apresentaram uma grande variação para cada ciclo do protocolo de marcação devido à inconsistência do número de recapturas para cada ciclo, sendo o mesmo observado por Evans *et al.* (1998) para *Coptotermes lacteus* e *Nasutitermes exitiosus*. Contudo, quando foi calculada a média do Índice de Lincoln para os três ciclos do protocolo de marcação, ela foi menor do que a estimativa da Média Ponderada, nas duas espécies de cupins. A grande variação nos valores obtidos pelo Índice de Lincoln e menores valores encontrados para a estimativa da Média Ponderada também foram observados por Arab *et al.* (2005) em outras áreas da cidade de Rio Claro.

Diferenças entre os dois métodos de avaliação populacional das colônias têm sido obtidas para várias espécies de cupins subterrâneos (Tabela 18), assim como os dados obtidos nesse trabalho, sendo que em alguns casos, a estimativa do Índice de Lincoln é maior que da Média Ponderada (FORSCHLER & TOWNSEND, 1996). Isso é devido ao fato dessas estimativas serem realizadas para um único ciclo de marcação e recaptura. Quando ocorre esse fato, o número de indivíduos recapturados em um ciclo de marcação é muito baixo, o que faz com que a estimativa do Índice de Lincoln atinja um valor muito alto.

Alguns autores descreveram detalhadamente os dados do número de cupins capturados, liberados e recapturados para cada ciclo do protocolo de marcação e recaptura (JONES, 1990; SU *et al.*, 1993; FORSCHLER &

TOWNSEND, 1996 e THORNE *et al.*, 1996). Nesses trabalhos pode-se observar que o número de indivíduos marcados e recapturados representa uma pequena fração da estimativa do tamanho total da população. Além disso, uma pequena quantidade de indivíduos marcados foi recapturada nas estações de monitoramento em proporção ao número de cupins liberados nas estações.

As baixas taxas de recaptura para *C. gestroi* e *H. tenuis* ao longo do ciclo de marcação e recaptura foram similares às aquelas descritas por outros autores para cupins subterrâneos (THORNE *et al.*, 1996; ARAB *et al.*, 2005). Baixas taxas de recaptura podem estar relacionadas com violações a algumas das premissas do protocolo de marcação e recaptura: perda do marcador em alguns indivíduos, transferência do marcador entre indivíduos ou pela falta de mistura de indivíduos marcados e não marcados no experimento (EVANS *et al.*, 1998). A persistência dos corantes utilizados em relação a outros estudos foi bastante satisfatória na pesquisa atual, sendo que a intensidade dos marcadores permaneceu inalterada por mais de 40 dias. De acordo com Camargo-Dietrich (2000), a vantagem do Azul de Nilo e Vermelho Neutro em relação a outros corantes histológicos utilizados em marcação é que a coloração dos cupins permanece inalterada após um mês de manutenção desses insetos no laboratório. O Azul de Nilo persistiu mais de 3 meses em operários, de ambas as espécies, liberados no campo (observações pessoais), e portanto, esses corantes são viáveis para a aplicação do protocolo de marcação e recaptura para *C. gestroi* e *H. tenuis*. Além disso, ambos os corantes causaram uma baixa taxa de mortalidade nos cupins confinados em placas de Petri. Segundo SU *et al.* (1991b) o corante Azul de Nilo causou a menor taxa de mortalidade quando foi ministrado no alimento nas concentrações de 0,05%, 0,25% e 0,5% para a espécie *Reticulitermes flavipes* (Rhinotermitidae). Já o Vermelho Neutro quando utilizado nas mesmas concentrações se mostrou tóxico para a espécie *R. flavipes*, embora tenha causado baixa mortalidade para *C. formosanus* (SU *et al.*, 1991b). O mesmo resultado foi observado por CAMARGO-DIETRICH (2000), que testou o corante Vermelho Neutro a 0,1% e obteve sobrevivência de 97,3% para a espécie *H. tenuis*. Assim, a marcação com o corante Azul de Nilo (0,1%) para

H. tenuis e Vermelho Neutro (0,1%) para *C. gestroi* não pareceu ter influenciado as baixas taxas de recaptura obtidas no experimento.

Apesar dos corantes histológicos serem considerados não transferíveis, a transferência do corante Azul de Nilo tem sido descrita em algumas espécies de cupins, por meio de canibalismo (EVANS *et al.*, 1998; 1999). Segundo LIMA *et al.*, (2002) e LEONARDO *et al.*, (2002), em *C. gestroi* e *H. tenuis*, a transferência dos corantes Azul de Nilo e Vermelho Neutro, podem ser realizadas por canibalismo, como indicam os resultados dos experimentos de indivíduos marcados e não marcados confinados em placas de Petri sem alimento. Nesse caso, os indivíduos que adquiriram o corante via canibalismo apresentaram uma marcação mais tênue quando comparada com aqueles que ingeriram o corante diretamente do alimento. Durante a recaptura de *C. gestroi* e *H. tenuis* foram observados indivíduos que apresentavam marcação clara e escura, sendo que para o cálculo das estimativas do tamanho da população foram considerados somente os indivíduos com marcação escura.

Os padrões de escolha do alimento e alocação de indivíduos entre as fontes de alimento podem influenciar na distribuição de indivíduos nas estações de monitoramento. O conceito de forrageamento ao acaso indica que uma vez localizadas as fontes de alimento, a movimentação dos forrageiros entre as fontes é realizada aleatoriamente (SU *et al.*, 1984). Em *C. gestroi* e *H. tenuis*, os cupins marcados foram encontrados em maior proporção nas estações de monitoramento onde foram liberados. Esses resultados de campo concordam com os dados obtidos recentemente por Evans (2002) e sugerem que os forrageiros dessas espécies apresentam fidelidade pelos locais de exploração do alimento.

Os cupins subterrâneos movimentam-se no território de forrageamento por meio de uma complicada rede de túneis entre o ninho e as fontes de alimento, sendo que a fidelidade dos forrageiros pelos locais de exploração do alimento parece ser de 60 a 75% nos cupins subterrâneos (EVANS, 2002; COSTA-LEONARDO, 2006). Esse padrão de comportamento pode até ser explicado em termos da demanda energética da colônia de cupins, já que seria ineficiente para uma colônia manter indivíduos forrageando ao acaso entre

várias fontes de alimento (THORNE *et al.*, 1996), embora certos fatores ambientais, como por exemplo predação, possam influenciar no comportamento de forrageamento desses insetos. Esses resultados contribuem para o entendimento da baixa taxa de recaptura obtida para as duas espécies neste trabalho e de acordo com uma violação da suposição de mistura total dos indivíduos nos locais de marcação e recaptura (ARAB *et al.*, 2005). De acordo com alguns pesquisadores (THORNE *et al.*, 1996; CURTIS & WALLER, 1997) as contínuas violações das premissas do protocolo de marcação e recaptura em cupins podem implicar na interpretação de resultados. Segundo EVANS *et al.* (1999), nos estudos da estimativa populacional de alguns cupins subterrâneos, todas as premissas dos modelos matemáticos foram violadas de forma similar. Contudo, os resultados obtidos no presente trabalho indicam que unicamente a suposição de mistura total dos indivíduos marcados e não marcados foi violada.

Para a estimativa do tamanho populacional de *C. gestroi* e *H. tenuis* é recomendável a utilização de pelo menos três ciclos de marcação, sendo que a média da estimativa do Índice de Lincoln dos diversos ciclos de marcação teve a mesma ordem de magnitude (centenas de indivíduos) da estimativa calculada pelo método da Média Ponderada, com exceção da colônia I, onde o valor da média ponderada foi 3 vezes maior que pelo Índice de Lincoln. A decisão de usar o Índice de Lincoln ou o método da Média Ponderada deve ser baseada no objetivo do estudo e nas condições disponíveis no experimento, sempre e quando sejam testadas as premissas do protocolo de marcação e recaptura. Apesar das críticas, o protocolo de marcação e recaptura é, até agora, o método mais prático para se estimar o tamanho populacional sem a necessidade de destruição da colônia.

Os resultados deste estudo indicam que o método da Média Ponderada é o mais preciso já que apresentou o menor erro padrão associado à estimativa do tamanho populacional para as duas espécies, na maioria das populações analisadas. A mesma conclusão foi obtida por Forschler & Townsend (1996) para duas espécies do gênero *Reticulitermes*.

Nos cupins subterrâneos já estudados, os territórios e distâncias máximas de forrageamento apresentam muita variação entre as espécies (Tabela 19). O território de forrageamento e a distância de forrageamento das colônias de *C. gestroi* e *H. tenuis*, observadas neste estudo, também apresentaram dados variados. Para a espécie *H. tenuis* os dados desse estudo foram superiores aos encontrados por Camargo-Dietrich & Costa-Leonardo (2003), Costa-Leonardo *et al.* (2003) e Arab *et al.* (2005) (Tabela 19), sugerindo que nos cupins subterrâneos, o tamanho do território depende, possivelmente, da localização do alimento, condições climáticas, presença de predadores, tamanho da colônia e competição com outras espécies de cupins.

TABELA 19. Tamanho do território e distância máxima de forrageamento em espécies de cupins subterrâneos de acordo com dados da literatura.

Espécie de cupim	Território de forrageio (m ²)	Distância máxima percorrida (m)	Referências Bibliográficas
<i>Reticulitermes flavipes</i>	266 a 1091	48 a 79	GRACE <i>et al.</i> , (1989)
<i>Coptotermes formosanus</i>	162 a 3571	43 a 115	SU & SCHEFFRAHN, (1988b)
<i>Coptotermes gestroi</i>	972	33	COSTA-LEONARDO & CAMARGO-DIETRICH (1999)
<i>Coptotermes gestroi</i>	395 a 972	6,4 a 33	COSTA-LEONARDO (2002)
<i>Coptotermes gestroi</i>	172,5 a 5.235	23,6 a 133,3	ARAB <i>et al.</i> (2005)
<i>Coptotermes gestroi</i>	285,9 a 2.257,6	24,2 a 76,1	CASARIN (presente estudo)
<i>Coptotermes travians</i>	125 a 383	17 a 32	LEE (2002)
<i>Heterotermes aureus</i>	23 a 3316	13,9	JONES (1990)
<i>Heterotermes tenuis</i>	70 a 93,6	14 a 28	COSTA-LEONARDO <i>et al.</i> (2003)
<i>Heterotermes tenuis</i>	175,5	36	CAMARGO-DIETRICH & COSTA-LEONARDO (2003)
<i>Heterotermes tenuis</i>	16 a 64	7,1 a 16	ARAB <i>et al.</i> (2005)
<i>Heterotermes tenuis</i>	417,2 a 587,4	37,7 a 45,1	CASARIN (presente estudo)

Concluindo, a metodologia de marcação e recaptura fornece informação demográfica que é importante para a implementação de técnicas de manejo e controle desses insetos em ambientes urbanos e rurais (FORSCHLER & JENKINS, 2000), sendo que normalmente é considerada apenas a porção superficial do território das colônias (SU, 2002c). Além disso, os métodos de marcação e recaptura em cupins podem avaliar a movimentação dos forrageiros ao longo do território de forrageamento e dividir um território infestado por cupim pelo número de colônias existentes no local (CROSLAND & SU, 2006).

6.2.2 Controle de *Coptotermes gestroi* e *Heterotermes tenuis* com iscas impregnadas com os ingredientes ativos em três áreas de estudo

Estudo de caso: Área 1 (P.S.)

Em agosto de 2006 foi iniciado o controle da referida área com o uso de uma concentração de 0,01 ppm do ingrediente ativo sulfluramida (Tabela 20). O consumo de papelão corrugado nas iscas diferiu estatisticamente das armadilhas controle, sendo maior nas iscas (Teste de Mann-Whitney: $R_1 = 49$, $R_2 = 122$, $p = 0,0013$). Durante os três primeiros meses de coleta, o consumo nas armadilhas controle variou de 20,21 a 30,14% e nas iscas de 37 a 50,42%. Enquanto, a média das notas da população de cupins forrageiros nas armadilhas controle permaneceu 2 (500 a 1000 cupins), nas iscas a referida média variou de 2 (500 a 1000 cupins) a 3 (1000 a 5000 cupins) (Tabela 20, Figuras 54 e 55).

Em dezembro de 2006 a concentração de sulfluramida nas iscas foi aumentada para 0,1 ppm (Tabela 20). No período de dezembro de 2006 a maio de 2007, o consumo nas armadilhas controle variou de 19,38 a 33% e nas iscas de 29,6 a 55,43%. Enquanto, a média das notas de população de cupins forrageiros nas armadilhas controle variou de 1 (menos de 500 cupins) a 2 (500 a 1000 cupins) e nas iscas a referida média variou de 1 (menos de 500 cupins) a 3 (1000 a 5000 cupins) (Tabela 20, Figuras 54 e 55).

Durante esses meses de coleta, o número das estações de monitoramento foi reduzido, devido ao fato do local de estudo ter passado por obras de melhoria (Tabela 20). Com relação ao número de estações monitoradas no território de forrageamento de ambas as espécies de cupins, *C. gestroi* e *H. tenuis*, o que pode ser notado é que *C. gestroi* invadiu e expulsou a espécie nativa *H. tenuis* de vários pontos de coleta, o que reduziu muito a área de *H. tenuis* (Tabela 20).

TABELA 20 – Resumo de dados da área 1 (P.S.): meses de coleta, concentrações do ingrediente ativo sulfluramida, número total de estações de monitoramento e número de estações de monitoramento ativas por espécie nas armadilhas controle e iscas.

Meses de coletas	Sulfluramida Concentração (ppm)	Número total de estações de monitoramento		Nº de estações ativas Armadilhas controle		Nº de estações ativas Iscas	
		Controle	Isca	<i>C. gestroi</i>	<i>H. tenuis</i>	<i>C. gestroi</i>	<i>H. tenuis</i>
Set/06	0,01	24	16	8	7	12	1
Out/06	0,01	24	16	9	4	11	1
Nov/06	0,01	24	16	8	9	12	0
Dez/06	0,1	24	16	7	3	9	1
Jan/07	0,1	24	16	5	3	9	1
Fev/07	0,1	23	14	7	3	8	2
Mar/07	0,1	19	11	6	3	5	2
Abr/07	0,1	14	10	8	3	7	0
Mai/07	0,1	14	10	5	2	5	2

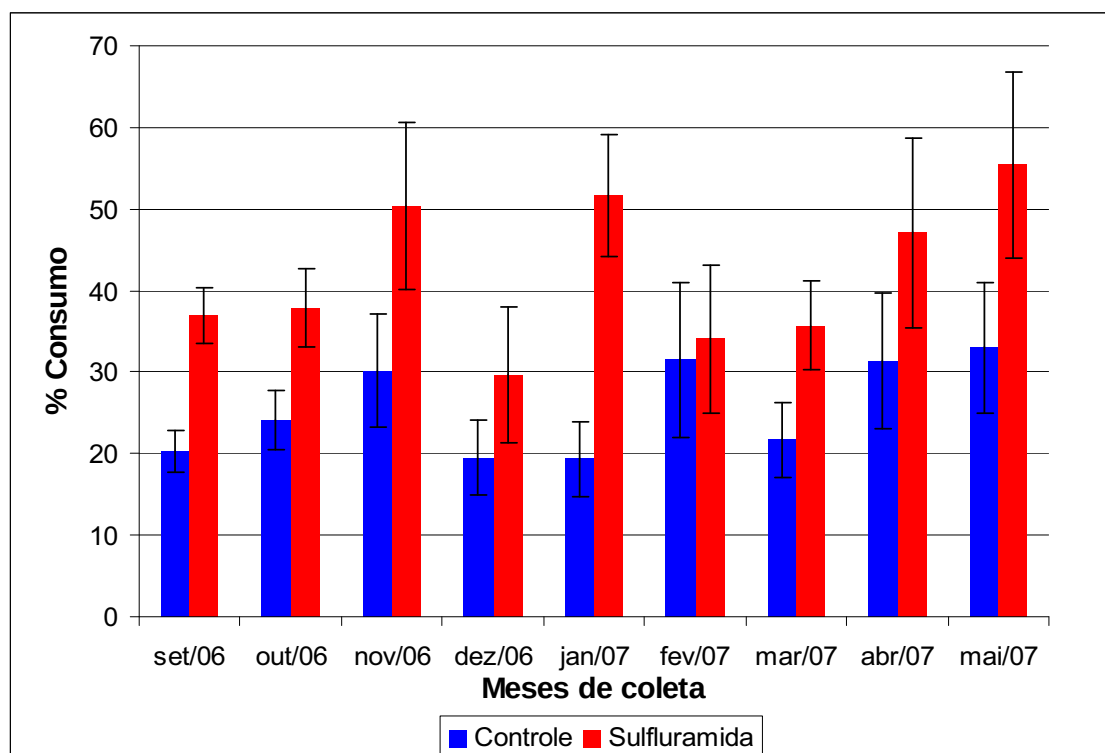


FIGURA 54. Porcentagem de consumo ($\pm$ EP) das armadilhas controle e das iscas impregnadas com o ingrediente ativo sulfluramida durante os meses de coleta na área 1 (P.S.).

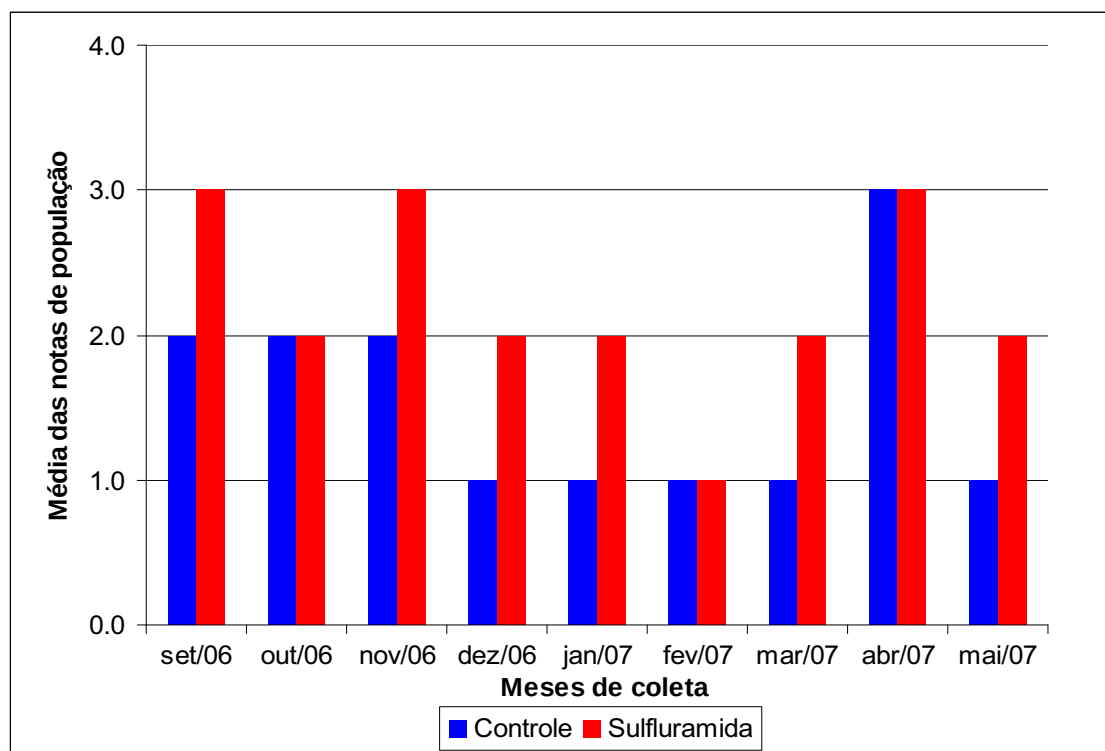


FIGURA 55. Comparação das médias das notas de população forrageira entre as armadilhas controle e as iscas impregnadas com o ingrediente ativo sulfluramida durante os meses de coleta na área 1 (P.S.).

Estudo de caso: Área 2 (L.U.)

Em março de 2006 foi iniciado o controle da referida área com o uso de uma concentração de 200 ppm do ingrediente ativo hidrametilnona (Tabela 21). Nos meses de abril a maio, o consumo nas armadilhas controle variou de 58,6 a 32,9% e nas iscas de 42 a 52%, diminuindo muito nos meses de junho e julho, de 9,2 a 12,8 e 14,0 a 14,3%, respectivamente. Nos valores da média das notas de população dos cupins forrageiros foi observado um declínio chegando a 1 (menos de 500 cupins), tanto nas armadilhas controle como nas iscas, entre junho e julho de 2006 (Figuras 56 e 57). De agosto até dezembro de 2006 ocorreu um grande aumento no consumo de papelão e na média das notas de população forrageira, mesmo com o aumento da concentração de hidrametilnona para 300 ppm (Tabela 21). Nesse período, o consumo nas armadilhas controle variou de 40,7 a 84,1 e nas iscas variou de 26 a 89,1%. Enquanto, a média das notas de população de cupins forrageiros nas armadilhas controle variou de 3 (1000 a 5000 cupins) a 4 (5000 a 10.000 cupins) e nas iscas variou de 2 (500 a 1000 cupins) a 4 (5000 a 10.000 cupins) (Tabela 21, Figuras 56 e 57).

Em janeiro de 2007, o consumo nas armadilhas controle diminuiu para 37,2% e nas iscas para 36,7%. A média das notas de população dos cupins forrageiros também diminuiu nas armadilhas controle e nas iscas para 1 (menos de 500 cupins) (Tabela 21, Figuras 56 e 57). De fevereiro a maio de 2007, os valores do consumo de papelão e a população forrageira obtiveram resultados crescentes, mesmo com o aumento da concentração de hidrametilnona para 350 ppm em março e para 400 ppm em maio de 2007. Assim, o valor de consumo nas armadilhas controle variou de 53,7 a 96,2% e nas iscas variou de 55 a 95%. Enquanto, a média das notas de população dos cupins forrageiros nas armadilhas controle e nas iscas variaram de 2 (500 a 1000 cupins) a 4 (5000 a 10.000 cupins) (Tabela 21, Figuras 55 e 56).

Com relação, aos valores gerais de consumo do papelão corrugado não foram encontradas diferenças estatísticas entre aquele do controle e do tratamento (Teste de Mann-Whitney: $R1 = 206$, $R2 = 200$, $p = 0,8904$). Durante

os meses de experimento na área 2, os cupins forrageiros coletados foram apenas da espécie *C. gestroi* (Tabela 21).

TABELA 21 - Resumo de dados da área 2 (L.U.): meses de coleta, concentrações do ingrediente ativo hidrametilnona, número total de estações de monitoramento e número de estações de monitoramento ativas por espécie nas armadilhas controle e iscas.

Meses de coletas	Hidrametilnona Concentração (ppm)	Número total de estações de monitoramento		Nº de estações ativas Armadilhas controle		Nº de estações ativas Iscas	
		Controle	Isca	<i>C. gestroi</i>	<i>H. tenuis</i>	<i>C. gestroi</i>	<i>H. tenuis</i>
Abr/06	200	7	5	6	0	5	0
Mai/06	200	7	5	6	0	5	0
Jun/06	200	7	5	6	0	5	0
Julh/06	200	7	5	3	0	3	0
Ago/06	200	7	5	7	0	5	0
Set/06	200	7	5	7	0	5	0
Out/06	300	6	6	6	0	6	0
Nov/06	300	6	6	6	0	6	0
Dez/06	300	6	6	6	0	6	0
Jan/07	300	5	7	5	0	7	0
Fev/07	300	5	7	4	0	5	0
Mar/07	350	5	7	4	0	4	0
Abr/07	350	5	7	4	0	5	0
Mai/07	400	5	7	4	0	4	0

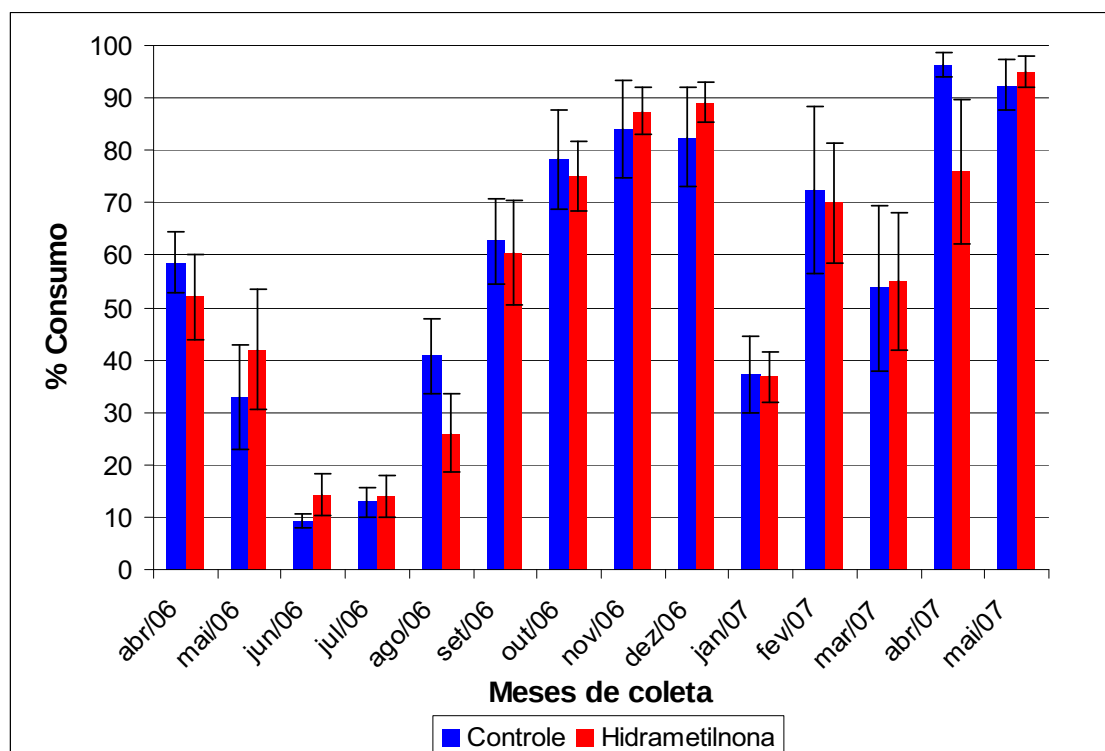


FIGURA 56 Porcentagem de consumo ($\pm$ EP) das armadilhas controle e das iscas impregnadas com o ingrediente ativo hidrametilona durante os meses de coleta na área 2 (L.U.).

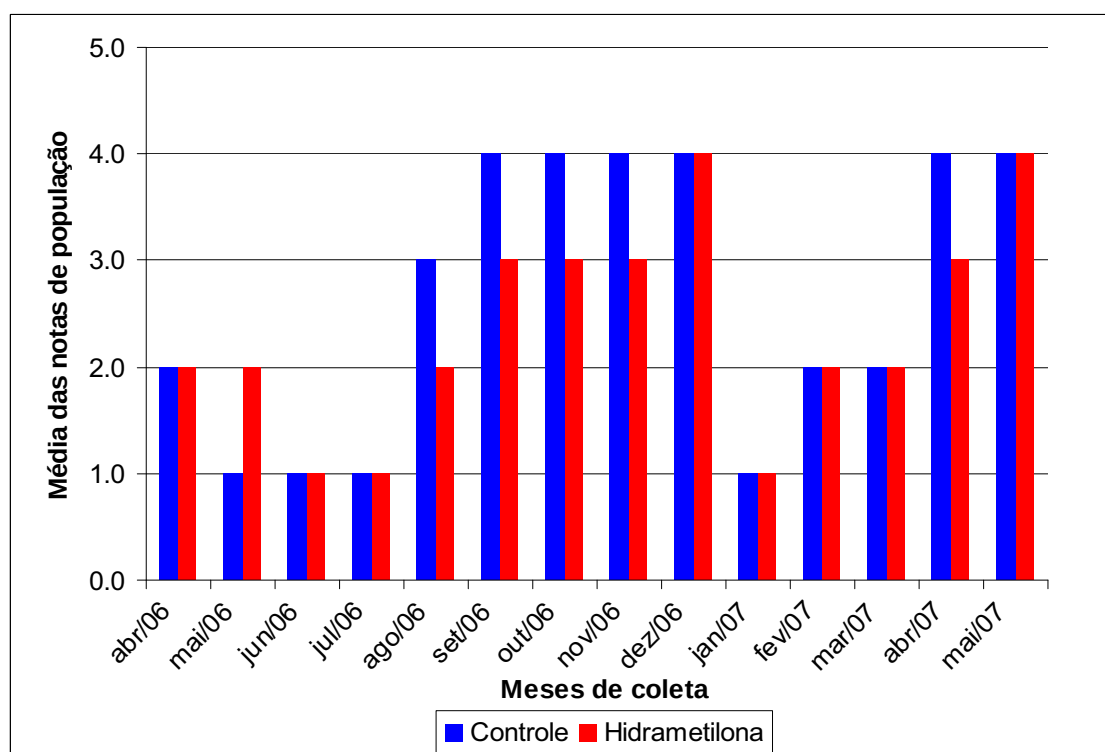


FIGURA 57 Comparação das médias das notas da população forrageira entre as armadilhas controle e as iscas impregnadas com o ingrediente ativo hidrametilona durante os meses de coleta na área 2 (L.U.).

Estudo de caso: Área 3 (S.O.R.)

Em novembro de 2006 foi iniciado o controle da referida área com o uso de uma concentração de 15.000 ppm do ingrediente ativo ciromazina (Tabela 22). No mês de dezembro de 2006, o consumo de papelão nas armadilhas controle foi de 17,5% e nas iscas de 43,75%. A média das notas de população de cupins forrageiros nas armadilhas controle foi 1 (menos de 500 cupins) e nas iscas foi 3 (1000 a 5000 cupins). De janeiro a março de 2007, o consumo de papelão nas armadilhas controle variou de 15,83 a 37% e nas iscas de 7 a 14,17%. A média das notas de população de cupins forrageiros nas armadilhas controle variou de 1 (menos de 500 cupins) a 2 (500 a 1000 cupins) e nas iscas permaneceu 1 (menos de 500 cupins) (Tabela 22, Figuras 58 e 59). Nos meses de abril e maio de 2007, foi observado um aumento no consumo do papelão, sendo o consumo nas armadilhas controle de 60 e 63% e nas iscas de 27,5 e 56,6%, respectivamente. A média das notas de população de cupins forrageiros também aumentou nesse período, sendo nas armadilhas controle igual a 4 (5000 a 10.000 cupins) e nas iscas variou de 3 (1000 a 5.000 cupins) a 4 (5000 a 10.000 cupins) (Figuras 58 e 59). Quando comparado os dados de consumo de papelão das armadilhas controle com as iscas, não foram encontradas diferenças estatísticas entre ambos (Teste de Mann-Whitney: $R1 = 46$, $R2 = 32$, $p = 0,2623$). Após o início do controle, o número de estações ativas ocupadas pelas espécies *C. gestroi* e *H. tenuis* não sofreu grandes alterações (Tabela 23).

TABELA 22 - Resumo de dados da área 3 (S.O.R.): meses de coleta, concentrações do ingrediente ativo ciromazina, número total de estações de monitoramento e número de estações de monitoramento ativas por espécie nas armadilhas controle e iscas.

Meses de coletas	Ciromazina Concentração (ppm)	Número total de estações de monitoramento		Nº de estações ativas Armadilhas controle		Nº de estações ativas Isclas	
		Controle	Iscla	<i>C. gestroi</i>	<i>H. tenuis</i>	<i>C. gestroi</i>	<i>H. tenuis</i>
Dez/06	15.000	5	6	3	1	2	2
Jan/07	15.000	5	6	2	2	2	3
Fev/07	15.000	5	6	3	2	3	3
Mar/07	15.000	5	6	2	2	3	3
Abr/07	15.000	5	6	2	2	3	3
Mai/07	15.000	5	6	2	2	3	3

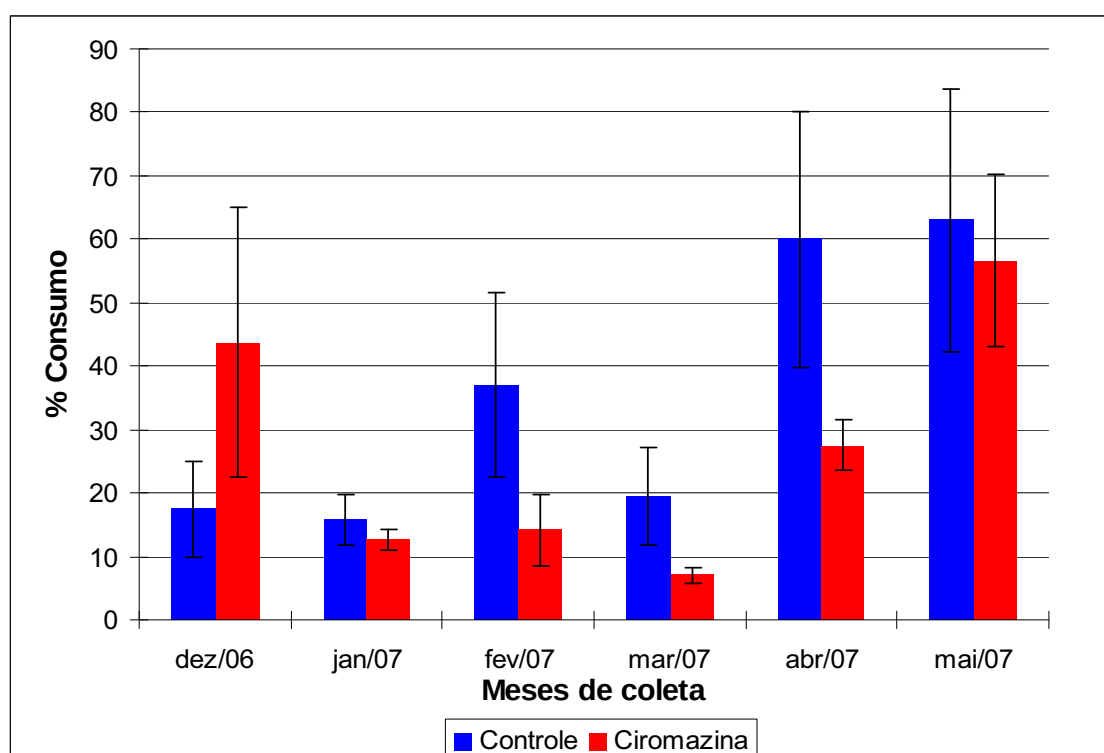


FIGURA 58. Porcentagem de consumo ($\pm$ EP) das armadilhas controle e das iscas impregnadas com o ingrediente ativo ciromazina durante os meses de coleta na área 3 (S.O.R.).

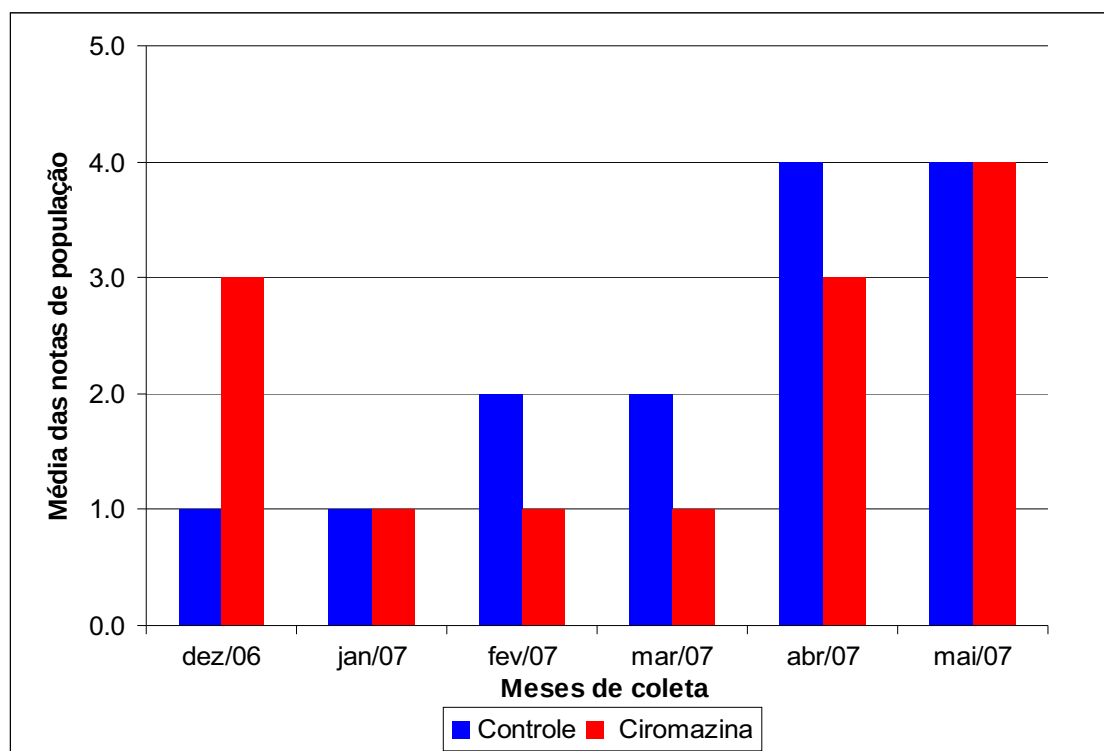


FIGURA 59. Comparação das médias das notas da população forrageira entre as armadilhas controle e as iscas impregnadas com o ingrediente ativo ciromazina durante os meses de coleta na área 3 (S.O.R).

Segundo Forschler (1996b), a regra básica para o controle de colônias de cupins subterrâneos é a prevenção ou remoção das infestações desses cupins das edificações, e não necessariamente, a eliminação da colônia. Sobre este aspecto, os resultados de campo nas três áreas avaliadas foram bem sucedidos, uma vez que não ocorreu nenhuma tentativa de invasão dos cupins no interior das edificações, após a instalação das estações de monitoramento. Na maioria dos casos, é a espécie introduzida *C. gestroi* que invade as residências e edificações provocando danos, principalmente no madeiramento. Por outro lado, a espécie nativa *H. tenuis* é, normalmente, encontrada na área externa da construção, como aconteceu na área 1 (unidade básica de saúde, P.S.).

Os resultados de laboratório obtidos para sulfluramida, hidrametilnona e ciromazina indicaram concentrações destes ingredientes ativos, que ao serem testadas no campo, não eliminaram as colônias de cupins, contudo, serviram como base para o início dos testes de campo.

Estudos de campo realizados em três colônias de *C. formosanus*, também testaram o efeito do ingrediente ativo sulfluramida sobre os cupins. Inicialmente, foi utilizada a concentração de 8 ppm, mas essa concentração foi reduzida para 6 ppm e subseqüentemente para 4 ppm, quando foi observada a interrupção da alimentação pelos insetos. Depois de 12 meses de tratamento, a população de cupins forrageiros foi reduzida para 52 a 86% (SU *et al.*, 1995).

No presente trabalho, ao analisar os dados de consumo de papelão da área 1 fica evidente que *C. gestroi* parece preferir as iscas tratadas com sulfluramida as armadilhas controle, mesmo depois de nove meses de tratamento. Portanto, esses resultados atuais não são compatíveis com os dados obtidos por SU *et al.* (1995), os quais sugerem que os cupins que ingerem doses subletais de sulfluramida por algum tempo, podem associar efeitos adversos com o tratamento e “aprendem” a evitar o consumo de iscas tratadas com este ingrediente ativo.

Por isso, segundo Henderson & Forschler (1996 *apud* GRACE *et al.* 2.000), a vantagem de diminuir ao máximo a concentração do ingrediente ativo está diretamente relacionada a menor probabilidade de repelência ou à diminuição do consumo. Dessa forma, aumenta a chance do cupim se alimentar diversas vezes da mesma fonte, acumulando doses subletais, menos perceptíveis durante o período do controle (HENDERSON e FORSCHLER, 1996 *apud* GRACE *et al.*, 2.000). Esses autores também descreveram a eficiência da sulfluramida em papelão impregnado com 200 ppm e 1.000 ppm, com total eliminação do cupim subterrâneo *C. formosanus* em campo, embora tenham notado alguma repelência do ingrediente ativo nessas concentrações. Essa repelência, provavelmente, ocorreu devido à alta concentração utilizada.

Thorne & Traniello (1994) utilizaram iscas impregnadas com hidrametilnona e descreveram um contínuo decréscimo das populações de *Reticulitermes* sp. (Rhinotermitidae) alimentados com essas iscas. Outros autores também descrevem a ausência de atividade dos cupins em residências tratadas por três anos com iscas impregnadas com hidrametilnona (ANONYMOUS, 1995).

Pawson & Gold (1996) também avaliaram o efeito em campo de uma isca comercial (American Cyanamid Company) com hidrametilnona para o controle dos cupins subterrâneos *C. formosanus* e *Reticulitermes* sp. Iscas com hidrametilnona foram testadas durante um ano em quatro construções infestadas com cupins subterrâneos citados previamente. O controle definitivo dos cupins não foi alcançado. Entretanto, as colônias foram contidas, sendo o indicador o número de estacas de madeiras atacadas pelos cupins. De acordo com os resultados de campo desses autores, hidrametilnona não eliminou completamente as colônias de cupins subterrâneos. Além disso, o produto foi repelente ou interrompeu a alimentação (“feeding deterrent”) dos cupins.

No presente estudo, o tratamento da área 2 foi realizado por 14 meses com o ingrediente ativo hidrametilnona e esses resultados indicam que mesmo na atual concentração de 400 ppm, o consumo nas iscas não diferiu do controle. Esses dados demonstram que o ingrediente ativo hidrametilnona na concentração utilizada não é repelente e nem induz a interrupção da alimentação.

Alguns estudos relatam que colônias de cupins subterrâneos tratados com inibidores metabólicos, como sulfluramida ou hidrametilnona, reduzem mas não eliminam essas populações (SU *et al.*, 1982, 1991a, 1995; PAWSON & GOLD, 1996). Contudo, nesses estudos, a concentração do produto utilizado é sempre muito maior do que a testada nas colônias de campo da presente pesquisa, o que aumentam as chances de alcançar a resultados de campo mais viáveis quando comparado aos da literatura.

No estudo da área 3, os resultados dos dois últimos meses de coleta demonstraram um aumento no consumo de papelão e no número de cupins forrageiros, tanto para as armadilhas controle, quanto para as iscas contendo ciromazina (15.000 ppm). Esse resultado ajuda a descartar a hipótese de alguma repelência ou interrupção da alimentação dos cupins, devido à alta concentração do produto. Contudo, é necessário um tempo maior de estudo para uma avaliação mais conclusiva.

Na última década, muitos trabalhos têm demonstrado o sucesso dos inibidores de síntese de quitina no controle das colônias de campo de cupins

subterrâneos (SU, 1994). Segundo Su (2003), diversos trabalhos de campo têm demonstrado que colônias de cupins subterrâneos podem ser eliminadas pela aplicação de iscas com 0,5% de hexaflumuron (Recruit™ II, 0,5%). Alguns estudos realizados na Malásia também mostraram que colônias de campo de *C. curvignathus* e *C. gestroi* foram efetivamente eliminadas pelo uso de iscas contendo hexaflumuron (SAJAP *et al.* 2000; SAJAP *et al.* 2002). Mais recentemente, um novo inibidor de síntese de quitina foi desenvolvido, o noviflumuron (Recruit™ III, 0,5%). Na Flórida, quatro construções infestadas com o cupim *C. formosanus* foram tratados com iscas contendo 0,5% de noviflumuron. Todas as infestações foram eliminadas entre 71 e 92 dias depois da primeira aplicação das iscas (CABRERA & THOMS, 2006). Portanto, o uso de inibidores de síntese de quitina, como ciromazina, possui grandes chances de sucesso no controle de colônias de campo de *C. gestroi*. Contudo, este trabalho também mostra que são necessários mais testes de campo, visando uma eliminação ou um declínio mais rápido das colônias de cupins. Propor futuras pesquisas com modificações na disposição das iscas e alterações no tamanho e compactação das mesmas, como o descrito por Evans & Gleeson (2006), podem auxiliar em um maior consumo em um menor tempo.

Do ponto de vista científico, muitos pesquisadores acreditam ser extremamente difícil demonstrar diretamente a eliminação de colônias de cupins subterrâneos, devido ao comportamento críptico dessas espécies (GRACE *et al.*, 1996).

A técnica de marcação e recaptura foi utilizada em muitas pesquisas de controle de colônias de cupins subterrâneos, antes e após a aplicação das iscas, para confirmar o declínio da colônia. Mas, estudos recentes demonstraram que essa técnica é importante para definir a localização geográfica da colônia e definir os pontos de aplicação das iscas. Porém, não tem sentido utilizá-la para confirmar o declínio da colônia pela redução do número de indivíduos forrageiros (SU, 1994; EVANS, 2001). Isto porque, colônias de cupins que são meramente reduzidas em número podem rapidamente se recuperar (SU & SCHEFFRAHN, 1996a). Desta forma, como demonstrados em trabalhos mais recentes (SAJAP *et al.*, 2000, 2002; YATE &

GRACE, 2000; LEE, 2002), é necessário demonstrar que a isca eliminou toda atividade da colônia, pela ausência de cupins forrageiros em todas as estações de monitoramento (GRACE & SU, 2001; SU, 2003, CROSLAND & SU, 2006). Em vista desse fato, optou-se pela não realização de uma nova marcação.

Este estudo foi pioneiro no sentido de que não estão sendo realizados testes similares em outras áreas urbanas no Brasil. Contudo, por este fato ele precisa sofrer algumas modificações para ser aperfeiçoado e expandido para outras pesquisas similares.

Um menor tempo nos testes laboratoriais, mudanças no tamanho e disposição das iscas no campo devem ser revistos para um melhor resultado prático.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os resultados obtidos em laboratório permitiram selecionar os ingredientes ativos que possuíam algumas das características necessárias para o uso em isca como: não ser repelente, não inibir a alimentação e atuar de maneira lenta e eficaz no controle do cupim subterrâneo *Coptotermes gestroi*. Os compostos com potencial uso em isca foram: sulfluramida, hidrametilnona, ácido bórico, piriproxifen e ciromazina.
- O fipronil demonstrou alta toxicidade em todas as concentrações testadas. Além disso, provocou uma alta mortalidade dos cupins associada a um consumo mínimo, o que mostrou ter maior ação por contato. Devido a essas características, o fipronil não se mostra indicado para o controle de cupins subterrâneos como ingrediente ativo de isca.
- As concentrações obtidas para cada ingrediente ativo selecionado em laboratório não funcionaram da mesma forma quando levadas para o campo. Assim é preciso aprimorar o delineamento experimental, dos dois testes laboratoriais para aumentar a eficiência dos resultados em campo, e a principal sugestão seria diminuir o tempo de monitoramento de ambos os experimentos para 20 dias.
- Para a estimativa do tamanho populacional de cupins subterrâneos, o protocolo de marcação e recaptura se mostrou viável para o cálculo da

população e do tamanho do território de forrageamento de *C. gestroi*, sem a necessidade de destruição da colônia. Além disso, os resultados deste estudo indicam que o método da Média Ponderada é o mais preciso já que apresentou o menor erro padrão associado à estimativa do tamanho populacional para as duas espécies estudadas. Os resultados referentes ao tamanho das colônias obtidos nesse trabalho para *C. gestroi* foram menores do que os valores encontrados normalmente para o gênero *Coptotermes*.

- A aplicação da tecnologia de marcação e recaptura mostrou que a espécie exótica *C. gestroi* está competindo ativamente com a espécie nativa *H. tenuis* em áreas urbanas da cidade de Rio Claro (SP). Além disso, mostrou que as colônias de *C. gestroi* têm populações maiores que da espécie nativa *H. tenuis*.
- Os resultados de campo obtidos para *C. gestroi* e *H. tenuis* nas áreas I (P.S.), II (L.U.) e III (S.O.R.) mostraram que não ocorreu nenhuma repelência ou inibição do consumo do papelão impregnado com os princípios ativos sulfluramida, hidrametilnona e ciromazina. Contudo, as concentrações utilizadas destes produtos não foram suficientes para eliminarem as colônias. Uma possível explicação para este fato é que, no ambiente natural, os cupins subterrâneos utilizam várias fontes de alimentação ao mesmo tempo e o seu território não é estático. Além disso, a competição entre *C. gestroi* e a espécie nativa *H. tenuis* podem ter influenciado o sucesso do controle.

8. LITERATURA CITADA

ALMEIDA, J.E.M. **Controle de *Heterotermes tenuis* (Isoptera, Rhinotermitidae) com iscas associadas a inseticidas elou *Beauveria bassiana* em cana-de-açúcar.** Piracicaba, 1998. 131 f. Tese (Doutorado em Entomologia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ANONYMOUS. Shots heard 'round the world: A 'revolutionary' termite treatment. **Pest Control Technology**, Richfield, v. 23, n. 1, p. 54-58; 91-92, 1995.

ARAB, A.; COSTA-LEONARDO, A.M.; CASARIN, F.E., GUARALDO, A.C.; CHAVES, R.C. Foraging activity and demographic patterns of two termite species (Isoptera: Rhinotermitidae) living in urban landscapes in southeastern Brazil. **European Journal of Entomology**, Ceske Budejovice, v. 102, p. 691-697, 2005.

ARMENTA, S.; QUINTÁS, G.; GARRIGUES, S.; GUARDIA, M. Determination of cyromazine in pesticide commercial formulations by vibrations spectrometric procedures. **Analytica Chimica Acta**, Louisville, v. 524, p. 257-264, 2004.

AYRES, M.; AYRES JR., M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **BioEstat 4.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas.** Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2005. 324 p.

BARSAOTTI, R. C. **Desenvolvimento pós-embrionário de *Coptotermes havilandi* (Isoptera, Rhinotermitidae): análise biométrica e morfológica.** 2001. 140f. Tese (Doutorado em Zoologia). Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BEARD, R. L. Termite biology and bait-block method of control. **Connecticut Agricultural Experiment Station Bulletin**, New Haven, v. 748, p. 19, 1974.

BEGON, M. **Investigating animal abundance: capture-recapture for biologist.** Baltimore: University Park Press, 1979. p. 97.

BLOOMQUIST, J.R. **Insecticides chemistries and characteristics.** Disponível em : <<http://ipmworld.umn.edu/chapters/bloomq.htm>> Acesso em : 02 mar. 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Toxicologia**. Disponível em: <www.anvisa.gov.br/alimentos/tox/index/html>. Acesso: 02 mar. 2007.

BUENO, O. C.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. As formigas domésticas. In: MARICONI, F. A. M (Ed). **Insetos e outros invasores de residências**. Piracicaba: FEALQ, 1999. cap. 6, p. 135-80. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, v. 6).

CABRERA, B. J.; THOMS, E. M. Versatility of baits containing noviflumuron for control of structural infestations of Formosan subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Florida Entomologist**, Florida, v. 89, n. 1, p. 20-31, 2006.

CAMARGO-DIETRICH, C.R.R. **Padrões do forrageamento de *Heterotermes tenuis* (Isoptera, Rhinotermitidae) em ambientes naturais e antrópicos**. 2000. 102 f. Tese (Doutorado em Zoologia). Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

CAMARGO-DIETRICH, C.R.R. ; COSTA-LEONARDO, A. M. População e território de forrageamento de uma colônia de *Heterotermes tenuis* (Hagen) (Isoptera, Rhinotermitidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 20, n. 3, p. 397-399, 2003.

COMPENDIUM Of Pesticide Common Names. Disponível em: <<http://www.hclrss.demon.co.uk/>>. Acesso: 02 mar. 2007.

CONSTANTINO, R. The pest termites of South America: taxonomy, distribution, and status. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 126, n. 7, p. 355-365, 2002.

CONSTANTINO, R. **On-Line Termites Database**. Disponível em: <<http://www.unb.br/ib/zoo/docente/constant/catal/catnew.html>>. Acesso em: 20 mar. 2007.

COSTA-LEONARDO, A. M. A metodologia de iscas para o controle de cupins subterrâneos. **Revista Agricultura**, São Paulo, v.71, n. 3, p. 337-345, 1996

COSTA-LEONARDO, A. M. **Cupins-praga: morfologia, biologia e controle**. Rio Claro. 2002. 128p.

COSTA-LEONARDO, A. M. . Dinâmica do forrageamento em cupins subterrâneos.. In: VILELA, E. F.; SANTOS, I. A.; Schoereder, J. H.; Campos, L. A. O.; Serrão, J. E. (Org.). **Insetos Sociais: da Biologia à Aplicação**. Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2006.

COSTA-LEONARDO, A. M.; THORNE, B.L. Iscas e outras metodologias alternativas para o controle de cupins. In: BERTI FILHO, E.; FONTES, L.R. (Ed). **Alguns aspectos atuais da biologia e controle de cupins**. Piracicaba, FEALQ: 1995. p. 89-94.

COSTA-LEONARDO, A. M.; CAMARGO-DIETRICH, C.R.R. Território e população de forrageio de uma colônia de *Coptotermes havilandi* (Isoptera: Rhinotermitidae) em meio urbano. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 66, n. 2, p. 99-105, 1999.

COSTA-LEONARDO, A. M.; BARSOTTI, R. C.; CAMARGO-DIETRICH, C. R. R. Review and update on the biology of *Coptotermes havilandi* (Isoptera, Rhinotermitidae). **Sociobiology**, Chico, v. 33, n. 3, p. 339-356, 1999.

COSTA-LEONARDO, A.M.; CASARIN, F.E.; FERREIRA, J. Jr. Estimates of foraging population and territory of *Heterotermes tenuis* colonies using Mark-Release-Recapture (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, Chico, vol. 42, n. 3, p. 807-814, 2003.

CRESPO, D.C.; LECUONA, R.E.; HOGSETTE, J.A. Strategies for controlling house fly populations resistant to Cyromazine. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 141-147, 2002.

CROSLAND, M.W.J.; SU, N.-Y. Mark-recapture without estimating population sizes: a tool to evaluate termite baits. **Bulletin of Entomological Research**, Oxon, v. 96, n. 1, p. 99-103, 2006.

CRUZ, A. P.; ZANUNCIO, J. C.; ZANETTI, R. Eficiência de iscas granulada à base de sulfluramida e de clorpirifós no controle de *Atta sexdens* Hymenoptera: Formicidae), no trópico úmido. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 26, n. 3, p. 145-150, 1996.

CURTIS, A.D.; WALLER, D.A. Problems with the interpretation of mark-release-recapture data in subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, Chico, v. 30, n. 2, p. 233-241, 1997.

DELGARDE, S.; ROULAND-LEFEVRE, C. Effects of fipronil on *Odontotermes nilensis* Emerson (Termitidae-Macrotermitinae), pest of sugarcane in Chad. **Sociobiology**, Chico, v. 37, n.3B, p.539-550, 2001.

EDWARDS, R.; MILL, A. E. **Termites in Buildings: their biology and control**. East Grinstead: Rentokil, 1986. 261 p.

ELANDT-JOHNSON, R.; JOHNSON, N.L. **Survival models and data analysis**. New York: John Wiley, 1980. 480 p.

ESENTHER, G. R.; BEAL, R. H. Attractant-Mirex bait suppresses activity of *Reticulitermes* spp. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 67, n. 1, p. 85-88, 1974.

ESENTHER, G. R.; COPPEL, H. C. Current research on termite attractants. **Pest Control**, Cleveland, v. 32, p. 34-46, 1964.

ESENTHER, G. R.; GRAY, D. E. Subterranean termite studies in Southern Ontario. **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 100, n. 8, p. 827-834, 1968.

ESENTHER, G. R.; CASIDA, J. E.; SHENEFELT, R. D.; ALLEN, T. C. Termite attractant from fungus-infected wood. **Science**, Washington, v. 134, n. 347, p. 50, 1961.

EVANS, T.A. Estimating relative decline in population of subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) due to baiting. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 94, n. 6, p. 1602-1609, 2001.

EVANS, T.A. Tunnel specificity and forager movement in subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae and Termitidae). **Bulletin of Entomological Research**, Oxon, v. 92, n. 3, p. 193-201, 2002.

EVANS, T.A.; GLEESON, P.V. The effect of bait design on bait consumption in termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Bulletin of Entomological Research**, Oxon, v. 96, n. 1, p. 85-90, 2006.

EVANS, T.A.; LENZ, M.; GLEESON, P.V. Testing assumptions of mark-recapture protocols for estimating population size using Australian mound-building, subterranean termites. **Ecological Entomology**, Whiteknights, v. 23, p. 139-149, 1998.

EVANS, T.A.; LENZ, M.; GLEESON, P.V. Estimating population size and forager movement in a tropical subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 28, n. 5, p. 823-830, 1999.

EWART, D. McG. Termite barriers for new construction in Australia (Isoptera). **Sociobiology**, Chico, v. 37, n. 2, p. 379-388, 2001.

FARAGALLA, A.A.; BADAWI, A.I.; DABBOUR, A.I. Field evaluation of the effects of the juvenile hormone analogous (JHA's) and diflubenzuron (Dimilin) on termite of the genus *Microcerotermes* (Isoptera: Termitidae) in the central region of Saudi Arabia. **Sociobiology**, Chico, v. 11, n.1, p. 29-37, 1985.

FATHULLA, R.N. **Aerobic Soil Metabolism of 14C-Pyriproxyfen**, Sumitomo Chemical Company, Data Package Report No. 156629-N. DPR No. 52080-030, 1994.

FELIX, J.; HENDERSON, G. Debugging New Orleans phone line. **Pest Control Technology**, Richfield, v.23, n.1, p. 76-151, 1995.

FERRAZ, M. V. **Estudo Taxonômico e Aspectos da Biologia de Coptotermes Wasmann, 1896 (Isoptera, Rhinotermitidae) nas Américas**. 2000. 213 f. Tese (Doutorado em Zoologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FONTES, L. R. Cupins em áreas urbanas. In: BERTI-FILHO, E.; FONTES, L. R. **Alguns Aspectos Atuais da Biologia e Controle de Cupins**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 57-75.

FONTES, L.R. Controle de cupins em ambientes urbanos. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE CONTROLE DE PRAGAS URBANAS, 2º, 1996, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: FEALQ, 1996. p. 53-68.

FONTES, L. R.; ARAUJO, R. L. Os cupins. In: MARICONI, F.A.M. (Org.). **Insetos e outros invasores de residências**. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 35-90.

FONTES, L. R.; MILANO, S. Termites as an urban problem in South America. **Sociobiology**, Chico, v. 40, n. 1, p. 103-151, 2002.

FONTES, L. R.; VEIGA, A. F. S. L. Registro do cupim subterrâneo *Coptotermes havilandi* (Isoptera, Rhinotermitidae), na área metropolitana de Recife, PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 7., 1998, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: UFRRJ, 1998. p. 1005.

FORSCHLER, B.T. Fluorescent spray paint as a topical marker on subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, Chico, v. 24, p. 27-38, 1994.

FORSCHLER, B.T. Baiting *Reticulitermes* (Isoptera: Rhinotermitidae) field colonies with abamectin and zinc borate-treated cellulose in Georgia. **Sociobiology**, Chico, v. 28, n. 3, p. 459-484, 1996a.

FORSCHLER, B.T.; TOWNSEND, M.L. Mark-release-recapture estimates of *Reticulitermes* spp. (Isoptera: Rhinotermitidae) colony foraging populations from Georgia, U.S.A. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 25, n. 5, p. 952-962, 1996b.

FORSCHLER, B.T.; JENKINS, T.M. Subterranean termites in the urban landscape: understanding their social structure is the key to successfully implementing population management using bait technology. **Urban Ecosystems**, Duluth, v. 4, p. 231-251, 2000.

FORSCHLER, B.T.; RYDER Jr, J.C. Subterranean termite, *Reticulitermes* spp. (Isoptera: Rhinotermitidae), Colony response to baiting with Hexaflumuron using a prototype commercial termite baiting system. **Journal Economic Entomology**, Lanham, v. 31, n.1, p. 143-151, 1996.

FORSCHLER, B.T.; TOWNSEND, M.L. Mark-release-recapture estimates of *Reticulitermes* spp. (Isoptera: Rhinotermitidae) colony foraging populations from Georgia, U.S.A. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 25, n. 5, p. 952-962, 1996.

FRENCH, J.R. A juvenile hormone analogue inducing caste differentiation in the Australian termite, *Nasutitermes exitiosus* (Hill) (Isoptera: Rhinotermitidae). **Australian Journal of Entomology**, Orange, v.13, n.1, p. 353-355, 1974.

FRENCH, J. R. J. How do we advise the pest control industry in the post-organochlorine era? **USDA Forest Service General Technical Report**, Washington, v. 128, p. 58-62, 1991.

GAO, D. R. Use of attractants in bait toxicants for the control of *Coptotermes formosanus* Shiraki in China. In: TAMASHIRO, M.; SU, N. Y. (Ed.). **Biology and Control of the Formosan Subterranean Termite**. Honolulu: University of Hawaii, 1987. p. 53-57. (Research Extension Series 083).

GATTI, S.S.; HENDERSON, G. Differential response of Formosan subterranean termite castes (Isoptera: Rhinotermitidae) to selected termiticides. **Sociobiology**, Chico, v.28, n.1, p.23-32, 1996.

GENTZ, M. C.; GRACE, J. K. Master of science award the response of the Formosan subterranean termite to different borate salts. In: National Conference on Urban Entomology, May 21 – 24. **Proceedings...**Raleigh-Durham: North Carolina, 2006. p. 11-12.

GRACE, J. K. Mark-recapture studies with *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, Chico, v. 16, n. 3, p. 297-303, 1990.

GRACE, J. K. Review of recent research on the use of borates for termites prevention. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WOOD PROTECTION WITH DIFFUSIBLE

PRESERVATIVES AND PESTICIDES, 2nd. Madison. **Proceedings...** Madison: Forest Products Society, WI, 1997. p. 85-92.

GRACE, J. K. Approaches to biological control of termites. **Sociobiology**, Chico, v. 41, n. 1A, p. 115-121, 2003.

GRACE, J.K.; SU, N.-Y. Evidence supporting the use of termite baiting system for long-term structural protection (Isoptera). **Sociobiology**, Chico, v. 37, n. 1, p. 301-310, 2001.

GRACE, J.K.; ABDALLAY, A.; FARR, K.R. Eastern subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) foraging territories and populations in Toronto. **The Canadian Entomologist**, Ontario, v. 121, p. 551-556, 1989.

GRACE, J.K.; ABDALLAY, A; SISSON, J.M. Preliminary evaluation of borate baits and dusts for eastern subterranean termite control. In: International Research Group on Wood Preservation Document N° IRG/WP/1433. **21st Annual Meeting...** Rotorua: New Zealand, 1990. 1-7.

GRACE, J.K.; YAMOTO, R.T.; TAMACHIRO, M. Resistance of borate-treated douglas-fir to the Formosan subterranean termite. **Forest Products Journal**, Madison, v. 42, n. 2, p. 61-65, 1992.

GRACE, J. K.; TOME, C. H. M.; SHELTON, T. G.; OSHIRO, R. J. Baiting studies and considerations with *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae) in Hawaii. **Sociobiology**, Chico, v. 28, n. 3, p. 511-520, 1996.

GRACE, J. K.; YAMAMOTO, R. T.; TOME, C. H. M. Toxicity of sulfluramida to *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, Chico, v. 35, n. 3, p. 457-466, 2000.

HAAGSMA, K.A.; RUST, M.K. Colony size estimates, foraging trends, and physiological characteristics of the Western subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 24, n. 6, p. 1520-1528, 1995.

HAJJAR, N.P.; CASIDA, J.E. 1978. Insecticidal benzoylphenyl ureas: structure activity relationship as chitin synthesis inhibitors. **Science**, London, v. 2, p. 1499-1500, 1978.

HAVERTY, M.I.; HOWARD, R.W. Effects of insect growth regulators on subterranean termites induction of differentiation, defaunation and starvation. **Annals of the Entomological Society of America**, Lanham, v. 72, n.1, p. 503-508, 1979.

HENDERSON, G. Primer pheromones and possible soldier caste influence on the evolution of sociality in lower termites. In: VANDER MEER, R. K.; ESPELIE, K. E.; WINSTON, M. L. (Ed.). **Pheromone Communication in Social Insects**. Boulder: Westview, 1998. p. 314-329.

HOLLINGSHAUS, J.G. Inhibition of mitochondrial electron transport by hydramethylnon: a new amidinohydrazone insecticide. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, California, v. 27, n.1, p. 61-70, 1987.

HOLLINGSHAUS, J.G.; LITTLE JR., R.J. Comparative toxicology of AC 217, 300 in various species of insects. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, California, v. 22, p. 337-345, 1984.

HOWARD, R.; JONES, S.C.; MAULDIN, J.K.; BEAL, R.H. Abundance, distribution, and colony size estimates for *Reticulitermes* spp (Isoptera: Rhinotermitidae) in southern Mississippi. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 11, p. 1290-1293, 1982.

HRDÝ, I.; KRECEK, J. Development of superfluous soldiers induced by juvenile hormone analogues in the termite, *Reticulitermes lucifugus santonensis*. **Insectes Sociaux**, Masson, v. 19, p. 105-109, 1972.

HRDÝ, I.; KULDOVÁ, J.; WIMMER, Z. A juvenile hormone analogue with potential for termite control: laboratory tests with *Reticulitermes santonensis*, *Reticulitermes flavipes* and *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal Applied Entomological**, Freising, v. 125, p. 403-411, 2001.

HRDÝ, I.; KULDOVÁ, J.; WIMMER, Z. Juvenogens as potential agents in termite control: laboratory screening. **Pest Management Science**, Czech Republic, v. 60, p. 1035-1042, 2004.

HRDÝ, I.; KULDOVÁ, J.; HANUS, R.; WIMMER, Z. Juvenile hormone III hydroprene and a juvenogen as soldier caste differentiation regulators in three *Reticulitermes* species: potential of juvenile hormone analogues in termite control. **Pest Management Science**, Czech Republic, v. 62, p. 848-854, 2006.

IBRAHIM, S. A.; HENDERSON, G.; HUIXIN, F. Toxicity, repellency, and horizontal transmission of fipronil in the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 96, n. 2, p. 461-467, 2003.

ISHAAYA, I.; HOROWITZ, A. R. Novel phenoxy juvenile hormone analog (pyriproxyfen) suppresses embryogenesis and adult emergence of sweetpotato whitefly. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 85, n. 1, p. 2113-2117, 1992.

JACOB, L. **Seleção de ingredientes ativos para o controle de formigas urbanas**. 2002. 145f. Tese (Mestrado em Zoologia). Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

JONES, S.C. Evaluation of two insect growth regulators for the bait-block method of subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) control. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 77, n. 5, p. 1086-1091, 1984.

JONES, S. C. Field evaluation of fenoxycarb as a bait toxicant for subterranean termite control. **Sociobiology**, Chico, v. 15, n. 1, p. 33-41, 1989.

JONES, S.C. Delineation of *Heterotermes aureus* (Isoptera: Rhinotermitidae) foraging territories in a Sonoran desert grassland. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 19, n. 4, p. 1047-1054, 1990.

JONES, S.C. Field evaluation of boron as a bait toxicant for control of *Heterotermes aureus* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, Chico, v. 19, n. 1, p. 187-209, 1991.

KARD, B. M. Detrimental effects of boric acid on symbiotic protozoa in *Reticulitermes flavipes* (Kollar) and *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae). IRG/WP 00-10366. In: INTERNATIONAL RESEARCH GROUP ON WOOD PRESERVATION, 2000, Stockholm, Sweden.

KARD, B.M. Detrimental effects of boric-acid-treated soil against foraging subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, Chico, v. 37, n. 2, p. 363-378, 2001.

KARR, L. K.; SHEETS, J. J.; KING, J. E.; DRIPPS, J. E. Laboratory performance and pharmacokinetics of the benzoylphenylurea noviflumuron in eastern subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 97, p. 593-600, 2004.

KIRTON, L. G.; BROWN, V. K. The taxonomic status of pest species of *Coptotermes* in Southeast Asia: resolving the paradox in the pest status of the termites, *Coptotermes gestroi*, *C. havilandi* and *C. travians* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, Chico, v. 42, n. 1, p. 43-63, 2003.

KLOTZ, J.H.; MOSS, J. Oral toxicity of a boric acid-sucrose water bait to Florida Carpenter ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Entomological Science, Georgia**, v. 31, n. 1, p. 9-12, 1996.

KLOTZ, J.H.; REID, B.L. Oral toxicity of chlordane, hydramethylnon, and imidacloprid to free-foraging workers of *Camponotus pennsylvanicus* (Hymenoptera: Formicidae). **Journal Economic Entomology**, Lanham, v. 86, n.6, p.1730-1737, 1993.

KLOTZ, J. H.; GREENBERG, L.; AMRHEIN, C.; RUST, M. K. Toxicity and repellency of borate-sucrose water baits to Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal Economic Entomology**, Lanham, v. 93, n. 4, p. 1256-1258, 2000.

KOSHIKAWA, S.; MATSUMOTO, T.; MIURA, T. Morphometric changes during soldier differentiation of the damp-wood termite *Hodotermopsis japonica* (Isoptera: Termopsidae). **Insect Sociaux**, Masson, v. 49, p. 245-250, 2002.

KOFOID, C.A. **Termites and Termites Control**. 2. ed. Berkeley : University California Press, 1934. 795p.

KRISHNA, K. Introduction. In: K. Krishina; F. M. Weesner (Ed.). **Biology of termites**. New York, Academic Press, 1969. v. 1, p. 525-557.

LAI, P.Y. **Biology and ecology of the Formosan subterranean termite, *Coptotermes formosanus*, and its susceptibility to the entomogenous fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae***. Honolulu, 1977. 162 p. (Ph.D. Dissertation) University of Hawaii, Honolulu.

LAI, P. Y.; TAMASHIRO, M.; FUJII, J. K. Pathogenicity of six strains of entomogenous fungi to *Coptotermes formosanus*. **Journal of Invertebrate Pathology**, Oxford, v. 39, p. 1-5, 1982.

LEE, C. Y. Control of foraging colonies of subterranean termites, *Coptotermes travians* (Isoptera: Rhinotermitidae) in Malaysia using hexaflumuron baits. **Sociobiology**, Chico, v. 39, n. 1, p. 411-416, 2002.

- LEE, K. E.; WOOD, T. G. **Termites and Soils**. London: Academic Press, 1971. 251 p.
- LELIS, A. T. Termite problem in São Paulo city – Brazil. In: LENOIR, A.; ARNOLD, G.; LEPAGE, M. (Ed.). *Les insectes sociaux*. Paris: Université Paris Nord. In: **12º CONGRESS OF THE INTERNATIONAL UNION FOR THE STUDY OF SOCIAL INSECTS – IUSSI**, Paris, 1994. p. 253.
- LELIS, A.T.; EVERAERTS, C. Effects of juvenile hormone analogues upon soldier differentiation in the termite *Reticulitermes santonensis* (Rhinothemitidae, Heterotermitinae). **Journal of Morphology**, New York, v. 217, p. 239-261, 1993.
- LENZ, M.; MARROW, P.; RUNKO, S. A novel chemical barrier system, Kordon TMB, for the protection of buildings against subterranean termites using a synthetic matrix as carrier for the chemical. In: **Annual Meeting International Research Group on Wood Preservation**, 29th, Stockholm: Sweden, 1998, p. 8.
- LEONARDO, F.C. **Influência de juvenóides na diferenciação de soldados em *Coptotermes havilandi* Holmgren (Isoptera, Rhinotermitidae)**. 2003, 52f. Trabalho de conclusão do curso (Graduação em Ciências Biológicas) Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- LEONARDO, F.C.; COSTA-LEONARDO, A.M.; SANTOS, C.A. Sobrevivência e transferência via canibalismo do corante Azul de Nilo em operários de *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae). In: **XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA**, Itajaí, p.170, 2002.
- LIMA, J.T.; COSTA-LEONARDO, A.M.; SANTOS, C.A. Mortalidade e transferência via canibalismo do corante vermelho neutro entre operários de *Coptotermes havilandi* (Isoptera: Rhinotermitidae). **XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA**, Itajaí, Santa Catarina, Brasil. p. 170, 2002.
- LINCOLN, F.C. Calculating waterfowl abundance on the basis of banding returns. **U.S. Department of Agriculture Circular**, Washington, v. 118, p. 1-4, 1930.
- LLOYD, J. D. Borates and their biological applications. In: **INTERNATIONAL RESEARCH GROUP ON WOOD PRESERVATION**, Stockholm: Sweden. 1998. p. 65.
- LLOYD, J. D.; DICKINSON, D. J.; MURPHY, R. J. The probable mechanisms of action of boric acid and borates as wood preservatives. In: **International Research Group on Wood Preservatives**. p. 1-21, 1990.
- MARTIUS, C. Perspectivas do controle biológico de cupins (Insecta, Isoptera). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 41, p. 179-194, 1998.
- MILANO, S. Diagnóstico e controle de cupins em áreas urbanas. In: FONTES, L.R.; BERTI-FILHO, E. (Org.). **Cupins: O desafio do conhecimento**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 45-74.
- MILANO, S.; FONTES, L. R. **Cupim e Cidade: implicações ecológicas e controle**. São Paulo: Conquista Artes Gráficas, 2002. 141 p.
- MILIO, J.F.; KOEHLER, P.G.; PATTERSON, R.S. Laboratory and field evaluations of hydramethylnon bait formulations for control of American and german cockroaches

(Orthoptera: Blattellidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 79, n.1, p. 1280-1286, 1986.

MIURA, T.; KOSHIKAWA, S.; MATSUMOTO, T. Winged presoldiers induced by a juvenile hormone analog in *Zootermopsis nevadensis*: implications for plasticity and evolution of caste differentiation in termites. **Journal of Morphology**, Wiley-Liss, v. 257, p. 22-32, 2003.

MOURA, E.; FRENADES, P.M.; CZEPAK, C.; DA COSTA, L.S.; PINTO, R.A. Eficiência do inseticida regent 20G em diferentes doses e formas de aplicação no controle de colônias de *Syntermes wheeleri* em pastagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 7., 1998, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: UFRRJ, 1998. p. 1004.

MYLES, T.G. Use of disodium octaborate tetrahydrate to protect aspen waferboard from termites. **Forest Products Journal**, Madison, v. 44, n. 9, p. 33-36, 1994.

MYLES, T.G. Development and evaluation of a transmissible coating for control of subterranean termites. **Sociobiology**, Chico, v. 28, n. 3, p. 373-401, 1996.

NAGAMOTO, N.S.; FORTI, L.C. Classificação dos inseticidas diflubenzuron, dodecacloro, fipronil, hydrametilnon e imidacloprid, de acordo com a atividade formicida em relação ao tempo, para *Atta sexdens* L. (Hymenoptera: Formicidae). **Naturalia**, Rio Claro, v. 24, n.1, p. 273-275, 1999.

NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; ZUCCHI, R.A. **Entomologia Econômica**. Piracicaba: Esalq-USP. 1981. p. 300-301.

NOIROT, Ch. Formation of castes in the higher termites. In: KRISHNA, K.; WEESNER, F. M. (Ed.). **Biology of termites**, New York: Academic Press, 1969. v. 1, p.311-350.

NUNES, R.F.M. **Práticas culturais e implantação do pomar**. In: Embrapa, informações técnicas sobre a cultura da manga no semi-árido brasileiro. Petrolina: Embrapa v. 6, n. 3, 1995.

NUNES, L.; DICKINSON, D. J. The influence of boric acid on respiratory quotients and methane production of subterranean termites. **International Research Group on Wood Preservatives**. Document N° IRG/WP/95-10136: 1-9, 1995.

NUTTING, W.L.; JONES, S.C. Methods for studying the ecology of subterranean termites. **Sociobiology**, Chico, v. 17, n. 1, p. 167-189, 1990.

OGINO, K.; HIRONO, Y. MATSUMOTO, T.; ISHIKAWA, H. Juvenile hormone analogue, S-31183, causes a high level induction of presoldier differentiation in the Japanese damp-wood termite. **Zoological Science**, Tóquio, v. 10, p. 361-366, 1993.

OSBRINK, W. L. A.; LAX, A. R.; CANTRELL, C. L. Comparison of natural and conventional insecticides against Formosan termites (Isoptera: Rhinotermitidae). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN PESTS, 5, 2005, Malaysia, **Proceeding...** Malaysia, 2005. p. 213-223.

OSTAFF, D; GRAY, D. E. Termite (Isoptera) suppression with toxic baits. **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 107, n. 12, p. 1321-1325, 1975.

PARK, Y. I.; RAINA, A.K. Juvenile hormone III titers and regulation of soldiers caste in *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Insect Physiology**, Ohio, v. 50, p. 561-566, 2004.

PARK, Y. I.; RAINA, A.K. Regulation of juvenile hormone titers by soldiers in the Formosan subterranean termite, *Coptotermes formosanus*. **Journal of Insect Physiology**, Ohio, v. 51, p. 385-391, 2005.

PATON, R.; MILLER, L. R. Control of *Mastotermes darwiniensis* Froggatt (Isoptera, Mastotermitidae) with Mirex baits. **Australian Forest Research**, Collingwood, v. 10, n. 3, p. 249-258, 1980.

PAWSON, B.M.; GOLD, R.E. Evaluation of baits for termites (Isoptera: Rhinotermitidae) in Texas. **Sociobiology**, Chico, vol. 28, n. 3, p. 485-510, 1996.

PEARCE, M.J.; WAITE, B.S. A list of termite genera (Isoptera) with comments on taxonomic changes and regional distribution. **Sociobiology**, Chico, v. 23, p. 247-262, 1994.

PERRY, A. S. **Insecticides in agriculture and environmental**: retrospects and propects. Berlim: Springer-Verlag, 1997. 261 p.

REID, B.L.; BENNETT, G.W.; BARCAY, S.J. Topical and oral toxicity of sulfluramida, a delayed-action insecticide, against the german cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 83, n. 1, p. 148-152, 1990.

REMMEN, L. N.; SU, N.-Y. Time trends in mortality for thiamethoxan and fipronil against Formosan subterranean termites and eastern subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 98, n. 3, p. 911-915, 2005.

ROJAS, M.G.; MORALES-RAMOS, J.A. Bait matrix for delivery of chitin synthesis inhibitors to the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 94, n. 2, p. 500-510, 2001.

ROJAS, M.G.; MORALES-RAMOS, J.A. Disruption of reproductive activity of *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae) primary reproductives by three chitin synthesis inhibitors. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 97, n. 6, p. 2015-2020, 2004.

ROMAGNANO, L. F. T.; NAHUZ, M.A.R. Controle de cupins subterrâneos em ambientes construídos. **Téchne A revista do engenheiro civil IPT**, São Paulo, v. 114, p. 1, 2006.

ROSENGAUS, R.B.; TRANIELLO, J.F.A.; LEVY, C.K. Social transfer elimination and biological half-life of gamma-emitting radionuclides in the termite *Reticulitermes flavipes*. **Zeitschrift für Angewandte Entomologie**, Berlim, v. 101, p. 287-294, 1986.

SAJAP, A. S.; AMIT, S.; WELKER, J. Evaluation of hexaflumuron for controlling the subterranean termite *Coptotermes curvignathus* (Isoptera: Rhinotermitidae) in Malaysia. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, n. 1, p. 429-433, 2000.

SAJAP, A. S.; JAAFAR, A. M.; OUMETTE, D. Above-ground baiting for controlling the subterranean termite, *Coptotermes travians* (Isoptera: Rhinotermitidae) in Selangor, Peninsular Malaysia. **Sociobiology**, Chico, v. 39, n. 1, p. 345-352, 2002.

SAJAP, A. S.; LEE, L. C.; OUMETTE, D.; JAAFAR, A. M. Field evaluation of noviflumuron for controlling Asian subterranean termite, *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN PESTS, 5th, 2005, Malaysia, **Proceeding...** Malaysia, 2005. p. 10-13.

SAS INSTITUTE. SAS user's guide: statistic. Cary: SAS Institute. 1996.

SBEGHEN, A. C. **Potencialidade de utilização de óleos essenciais de plantas aromáticas para o controle de *Cryptotermes brevis***. 2001. 80 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Instituto de Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul.

SCHARF, M. E.; RATLIFF, C. R.; HOTELING, J. T.; PITTENDRIGH, B. R.; BENNETT, G. W. Caste differentiation responses of two sympatric *Reticulitermes* termite species to juvenile hormone homologs and synthetic juvenoids in two laboratory assays. **Insect Sociaux**, Masson, v. 50, p. 346-354, 2003.

SCHNELLMAN, R.G.; MANNING, R.O. Perfluorooctane sulfonamide: a structurally novel uncoupler of oxidative phosphorylation. **Biochimica et Biophysica Acta**, Frankfurt, v. 1016, p. 344-348, 1990.

SEBER, G.A.F. The estimation of animal abundance and related parameters, 2 nd ed., New York: Macmillna, 1982. 654 p.

SHEETS, J. J.; KARR, L. A.; DRIPPS, J. E. Kinetics of uptake, clearance, transfer, and metabolism of hexaflumuron by eastern subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, p. 871-877, 2000

SHELTON, T.G.; GRACE, J.K. Value of observational data in bioassays for evaluating bait efficacy against subterranean termites. **Sociobiology**, Chico, v. 38, n. 3B, p.723-737, 2001.

SHELTON, T.G.; GRACE, J.K. Effects of exposure duration on transfer of nonrepellent termiticidas among workers of *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal Economic Entomology**, Lanham, v. 96, n. 2 p. 456-460, 2003.

SMITH, M. S.; KARR, L. L.; KING, J. E.; KLINE, W. N.; SBRAGIA, R. J.; SHEETS, J. J.; TOLLEY, M. Noviflumuron activity in household and structural insect pests. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN PESTS, 4, 2001, Blacksburg, **Proceeding...** Blacksburg: 2001. p. 345-353.

SNYDER, T.E. **Our enemy the termite**. Ithaca: Comstock, 1935, 196p.

SORNNUWAT, Y.; TSUNODA, K.; YOSHIMURA, T.; TAKAHASHI, M.; VONGKALUANG, C. Foraging population of *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 89, n. 6, p. 1485-1490, 1996.

SOUTHWOOD, T.R.E. **Ecological methods with particular reference to the study of insect populations**. London: Chapman and Hall, 1971. 391 p.

SOUTHWOOD, T.R.E. **Ecological methods with particular reference to the study of insect populations**. 2nd ed. London: Chapman and Hall, 1978. 524 p.

SPRAGG, W.T.; PATON, R. Tracing, trophallaxis and population measurement of colonies of subterranean termites (Isoptera) using radioactive tracer. **Annals of the Entomological Society of America**, Lexington, v. 73, n. 6, p. 708-714, 1980.

SU, N.-Y. Field evaluation of hexaflumuron bait for population SUPRESIÓN of subterranean termites (ISÓPTERA: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 87, n. 1, p. 389-397, 1994.

SU, N.Y. Studies on the foraging of subterranean termites (Isoptera). **Sociobiology**, Chico, v. 37, n. 2, p. 253-260, 2001.

SU, N.-Y. Baits as a tool for population control of Formosan subterranean termites. **Sociobiology**, Chico, v. 40, n. 2, p. 1-16, 2002a.

SU, N.-Y. Dimensionally stable sensors for a continuous monitoring program to detect subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) activity. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 95, n. 1, p. 975-980, 2002b.

SU, N.Y. Novel technologies for subterranean termite control **Sociobiology**, Chico, v. 40, n. 1, p. 95-101, 2002c.

SU, N.-Y. Baits as a tool for population control of the Formosan subterranean termites. **Sociobiology**, Chico, v. 41, n. 1, p. 177-192, 2003.

SU, N.-Y.; HSU, E. L. Managing subterranean termite populations for protection of the historic Tzu-Su Temple of San-Shia, Taiwan. **Sociobiology**, Chico, v. 41, p. 529-545, 2003.

SU, N.-Y.; SCHEFFRAHN, R.H. Toxicity and lethal time of n-ethyl perfluorooctane sulfonamide against two subterranean termite species (Isoptera: Rhinotermitidae). **Florida Entomologist**, Florida, vol.71, n.1, p. 73-78, 1988a.

SU, N.Y.; SCHEFFRAHN, R.H. Foraging population and territory of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in an urban enviroment. **Sociobiology**, Chico, v. 14, n. 2, p. 353-359, 1988b.

SU, N.-Y.; SCHEFFRAHN, R.H. Comparative effects of an Insect Growth Regulator, S-31183 against the formosan termite and eastern subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 82, n. 4, p. 1125-1129, 1989.

SU, N.-Y.; SCHEFFRAHN, R.H. Comparison of eleven soil termiticidas against the Formosan subterranean termite and eastern subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 83, n. 5, p. 1918-1924, 1990.

SU, N.-Y.; SCHEFFRAHN, R.H. Laboratory evaluation of two slow-acting toxicants against Formosan and eastern subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.84, n.1, p. 170-175, 1991.

SU, N.-Y.; SCHEFFRAHN, R.H. A shallow sub-surface monitoring station for subterranean termites (Isoptera). **Sociobiology**, Chico, v. 23, n. 2, p. 175-182, 1993a.

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**, Lanham, v. 86, n. 1, p. 1453-1457, 1993b.

SU, N.-Y.; SCHEFFRAHN, R.H. Comparative effects of two chitin synthesis inhibitors, hexaflumuron and lufenuron, in a bait matrix against subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, 89: 1156-1160, 1996a.

SU, N.-Y.; SCHEFFRAHN, R.H. A method for elimination of subterranean termite colonies. REC Research Report FTL. **University of Florida**, v. 96, n. 1, p. 1-7, 1996b.

SU, N.-Y.; SCHEFFRAHN, R.H. A review of subterranean termite control practices and prospects for integrated pest management programs. **Integrated Pest Management Reviews**, Norwell, v. 3, p. 1-13, 1998.

SU, N.-Y.; SCHEFFRAHN, R.H. Termites as Pests of buildings In: ABE, T., BIGNELL, D.E., HIGASHI, M. **Termites: Evolution, sociality, Symbioses, Ecology**. Netherlands: Kluwer, 2000. p. 437-453.

SU, N.-Y.; TAMASHIRO, M.; YATES, J. R.; HAVERTY, M.I. Effect of behavior on the evaluation of insecticides for prevention of or remedial control of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 75, n. 1, p. 188-193, 1982.

SU, N.-Y.; TAMASHIRO, M.; YATES, Y.R.; HAVERTY, M.I. Foraging behavior of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 13, n. 6, p. 1466-1470, 1984.

SU, N.-Y.; TAMASHIRO, M.; HAVERTY, M.I. Effect 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**, Lanham, v. 78, n. 1, p. 1259-1263, 1985.

SU, N. Y.; TAMASHIRO, M.; HAVERTY, M. I. Characterization of slow-acting insecticides for the remedial control of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 80, n. 1, p. 1-4, 1987.

SU, N.-Y.; BAN, P. M.; SCHEFFRAHN, R.H. Population suppression of field colonies of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) by dihaloalkyl arylsulfone (A-9248). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 84, n. 1, p. 1525-1531, 1991a.

SU, N.Y.; BAN, P.M.; SCHEFFRAHN, R.H. Evaluation of twelve dye markers for population studies of the Eastern and Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, Chico, v. 19, n. 2, p. 349-362, 1991b.

SU, N.Y.; BAN, P.M.; SCHEFFRAHN, R.H. Foraging population and territory of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in a urban enviroment. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 22, n. 5, p. 1113-1117, 1993.

SU, N-Y.; TOKORO, M.; SCHEFFRAHN, R.H. Estimating oral toxicity of slow-acting toxicants against subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal Economic Entomology**, Lanham, v. 87, n. 2, p. 398-401, 1994.

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**, Lanham, v. 88, n. 5, p. 1343-1348, 1995.

SU, N-Y.; SCHEFFRAHN, R.H.; WEISSLING, T. A new introduction of a subterranean termite, *Coptotermes havilandi* Holmgren (Isoptera: Rhinotermitidae) in Miami, Florida. **Florida Entomologist**, Florida, v. 80, n. 3, p. 408-411, 1997.

SU N.-Y.; BAN, P. M.; SCHEFFRAHN, R. H. Control of *Coptermes havilandi* (Isoptera: Rhinotermitidae) with hexaflumuron baits and a sensor incorporated into a monitoring-baiting program. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, n. 1, p. 415-421, 2000.

SU, N.Y.; BAN, P.M.; SCHEFFRAHN, R.H. Control of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) using commercial prototype aboveground stations and hexaflumuron baits. **Sociobiology**, Chico, v. 37, p. 111-120, 2001.

SU, N-Y; HILLIS-STARR, Z.; BAN, P. M.; SCHEFFRAHN, R.H. PROTECTING historic properties from subterranean termites: a case study with fort Christiansvaern, Christiansted National Historic Site, United States Virgin Islands. **American Entomologist**, Cincinnati, v. 49, n. 1, p. 20-32, 2003.

TAKAHASHI-DEL-BIANCO, M. **Toxicidade de extratos foliares de *Canavalia ensiformis* (L.) D.C.E. de alguns princípios ativos de inseticidas comerciais para operárias de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae).** 2002. 173f. Tese (Doutorado em Zoologia) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

TAMASHIRO, M.; YATES, J.R.; LAI, P.-Y.; FUJII, J.K.; SU, N.-Y. Size and structure of *Coptotermes formosanus* Shiraki colonies in Hawaii. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 16, 1980, Kyoto. **Proceedings...** Kyoto: Editora, 1980. p. 311.

THE MERCK INDEX: an encyclopedia of chemicals, drugs and biologicaís. 11. ed. Rahway: Merck, 1989. 2303 p.

THORNE, B.L. Termite terminology. **Sociobiology**, Chico, v. 28, n. 3, p. 253-263, 1996.

THORNE, B. L.; TRANIELLO, J. F. A. Termites: detection and control through baiting. **Pest Management**, Dunn Loring, v. 13, n. 9, p.10-18, 1994.

THORNE, B.L.; RUSSEK-COHEN, E.; FORSCHLER, B.T.; BREISCH, N.L.; TRANIELLO, J.F.A. Evaluation of mark-release-recapture methods for estimating forager population size of subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) colonies. **Environmental Entomology**, Lanham, v 25, n. 5, p. 938-951, 1996.

VANDER MEER, R.K.; LOFGREN, C.S.; WILLIAMS, D.F. Fluoroaliphatic sulfones: a new class of delayed-action insecticides for control of *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 78, p. 1190-1197, 1985.

VINDEN, P. Treatment with boron in the 1990s. In: **First International conference on wood protection with diffusible preservatives**. 1990. p. 22-25.

WALLER, D.A.; LA FAGE, J.P. Seasonal patterns in foraging groups of *Coptotermes formosanus* (Rhinotermitidae). **Sociobiology**, Chico, v 13, n. 3, p. 173-181. 1987.

WANG, J.; GRACE, J. K. Current status of *Coptotermes* Wasmann (Isoptera: Rhinotermitidae) in China, Japan, Australia and the American Pacific. **Sociobiology**, Chico, v. 33, n. 3, p. 295-305, 1999.

WATERS, E.M.; HUFF, J.E.; GERSTNER, H.B. Mirex. An overview. **Environmental Research**, Baltimore, v.14, p.212-222, 1977.

WILCKEN, C. F.; RAETANO, C. G. Controle de cupins em florestas. In: BERTI-FILHO, E.; FONTES, L. R. (Ed.). **Alguns Aspectos Atuais da Biologia e Controle de Cupins**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 141-154.

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

WOODS, W. G. An introduction to boron: history, sources, uses, and chemistry. **Environmental Health Perspectives**, Raleigh, v. 102, supplement 7, p. 5-11, 1994.

YATES, J. T. III.; GRACE, J. K. Effective use of above-ground hexaflumuron bait stations for Formosan subterranean termite control (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, Chico, v. 35, n. 1, p. 333-356, 2000.

ZANUNCIO, J. C. *et al.* Eficiência da isca Mirex-S (sulfluramid 0,3%) no controle de *Acromyrmex crassispinus* (Hymenoptera: Formicidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 14. 1993, Piracicaba. **Resumos ...** Piracicaba: Sociedade Entomológica do Brasil, 1993. p. 696.

ZHU, B.C.R.; HENDERSON, G.; CHEN, F.; FEI, H.; LAINE, R.A. Evaluation of vetiver oil and seven insect-active essential oils against the Formosan subterranean termite. **Journal of Chemical Ecology**, Tampa, v. 27, n. 8, p. 1617-1625, 2001.

Fabiana Elaine Casarin

Aluna

Prof.^a Dr.^a. Ana Maria Costa Leonardo

Orientadora