

COMPORTAMENTO DE EXPLORAÇÃO E TOLERÂNCIA  
INTRAESPECÍFICA EM *Nasutitermes corniger*  
(MOTSCHULSKY, 1855) (ISOPTERA: TERMITIDAE)

**JOSÉ HILDEFONSO DE SOUZA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ  
AGOSTO – 2012



COMPORTAMENTO DE EXPLORAÇÃO E TOLERÂNCIA  
INTRAESPECÍFICA EM *Nasutitermes corniger* (MOTSCHULSKY)  
(ISOPTERA: TERMITIDAE)

**JOSÉ HILDEFONSO DE SOUZA**

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutorado em Produção Vegetal”.

Orientador: Prof. Omar Eduardo Bailez

CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ  
AGOSTO – 2012

COMPORTAMENTO DE EXPLORAÇÃO E TOLERÂNCIA  
INTRAESPECÍFICA EM *Nasutitermes corniger* (MOTSCHULSKY)  
(ISOPTERA: TERMITIDAE)

**JOSÉ HILDEFONSO DE SOUZA**

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutorado em Produção Vegetal”.

Aprovada em Agosto de 2012

Comissão Examinadora:

---

“Dr. Mauri Lima Filho (D.Sc., Produção Vegetal) - UFRRJ”

---

“Vinicius Siqueira Gazal e Silva (D.Sc., Produção Vegetal ) –UFRRJ/PRODOC”

---

“Prof Eurípedes Barsanulfo Menezes (Ph.D, Entomology) - UFRRJ”

---

“Prof.º Omar Eduardo Bailez (D. Sc., Biologia do Comportamento) - UENF”  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

A Deus por mais uma etapa cumprida;

Aos meus pais Arnaldo José de Souza e Maria das Dores Assis de Souza pelo apoio sempre na minha vida;

Aos meus tios, Anailde e Iode e Juquinha;

Aos meus irmãos Suely, Adriana, Jacinto e Rafael pela amizade e incentivo nas minhas realizações;

Ao meu orientador Omar Bailez e a minha coorientadora, Ana Maria Matoso Viana Bailez pela amizade e preciosa contribuição em minha formação;

A CNPq pela bolsa concedida e a UENF pela oportunidade da realização deste curso;

Aos membros da banca examinadora pelas contribuições do manuscrito;

A Victor, Shênia, Fabíola, Thayana, Jéssica, Karla, Marcelita, Arli, pelas contribuições do trabalho de campo;

Aos amigos da república, Paulo, Marcelo, Léo, Joãozinho pelas conversas e companhia;

Minha Namorada Priscila pelo carinho e atenção dados nesta etapa;

Aos amigos do Laboratório de Entomologia e Fitopatologia pelas ajudas em todas as etapas deste estudo;

A todas as pessoas que de alguma forma colaboraram nesta etapa da minha vida.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	viii
1.INTRODUÇÃO.....	10
2.REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1. Cupins.....	13
2.2. Danos.....	15
2.3. Controle.....	16
2.4. Comportamento de Territorialidade.....	17
2.4.1. Comportamento Agonístico .....	18
2.4.2. Barreira Física.....	19
2.4.3. Discriminação de Intrusos.....	20
2.4.4. Policália.....	20
2.5. Comunicação Química.....	20
2.6. <i>Nasutitermes</i> spp.....	21
2.7. Comportamentos de Forrageamento de <i>Nasutitermes</i> spp.....	22
3. TRABALHOS	
3.1. Orientação Preferencial do Cupim Arbóreo <i>Nasutitermes corniger</i> (Motschulsky) (TERMITIDAE: NASUTITERMITINAE) na Exploração de Novas Áreas de Forrageamento	
3.1.1. Resumo.....	23
3.1.2. Abstract.....	25
3.1.3. Introdução.....	26
3.1.4. Material e Métodos.....	28
3.1.5. Experimento I – Orientação individual.....	28
3.1.6. Experimento II – Orientação coletiva.....	30
3.1.7. Resultados.....	33
Experimento I – Orientação individual.....	33
Experimento II – Orientação coletiva.....	35
3.1.8. Discussão.....	39
3.1.9. Conclusão.....	41
3.1.10. Referências Bibliográficas.....	41
3.2. Comportamento de Territorialidade e Tolerância Intercolonial em <i>Nasutitermes corniger</i> (Motschulsky) (TERMITIDAE: NASUTITERMITINAE)	
3.2.1. Resumo.....	43

3.2.2. Abstract.....	45
3.2.3. Introdução .....	46
3.2.4. Material e Métodos .....	47
Experimento 1: Territorialidade.....	48
Experimento 2: Distância entre ninhos e Tolerância Intraespecífica.....	50
3.2.5. Resultados.....	51
Experimento 1: Territorialidade.....	51
Experimento 2: Distância entre ninhos e Tolerância Intraespecífica.....	53
3.2.6. Discussão.....	54
3.2.7. Conclusão.....	56
3.2.8. Referências Bibliográficas.....	57
3.3. Estratégia de Acesso à Fonte Alimentar no Cupim <i>Nasutitermes corniger</i> (Motschulsky) (TERMITIDAE: NASUTITERMITINAE)	
3.3.1. Resumo.....	60
3.3.2. Abstract.....	61
3.3.3. Introdução.....	62
3.3.4. Material e Métodos.....	63
3.3.5. Resultados.....	65
3.2.6. Discussão.....	68
3.3.7. Conclusão.....	70
3.3.8. Referências Bibliográficas.....	71
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	74
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
6.APÊNDICES.....	82

## RESUMO

SOUZA, José Hildefonso, D.S., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Agosto de 2012. Comportamento de Exploração e Tolerância intra-específica em *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) (Isoptera: Termitidae). Professor Orientador: Omar Eduardo Bailez. Professores Conselheiros: Ana Maria Matoso Viana-Bailez e Vinícius Siqueira Gazal Silva.

Três estudos foram realizados em condições de laboratório com colônias adultas de *Nasutitermes Corniger* (Isoptera: Termitidae). No primeiro estudo foram realizados três experimentos. Em um primeiro experimento foi registrada a orientação de indivíduos das castas soldado e operária em um substrato vertical. No segundo experimento, lhes foram oferecidas aos cupins de ninhos de *N. corniger* madeiras de *Eucalyptus grandis* situadas em diferentes pontos de uma rampa acessada através de uma plataforma central. Para alcançar as fontes de alimentação, os cupins locomoveram-se em direção ascendente ou descendente. Em cada plataforma, registrou-se a intensidade de recrutamento dos cupins no alimento. Um terceiro experimento foi realizado usando metodologia similar; todavia, utilizou-se uma rampa de comprimento maior e com somente duas ao invés de quatro plataformas contendo substrato alimentar. No segundo estudo realizaram-se experimentos visando estudar o comportamento de territorialidade de *N. corniger*. No primeiro experimento, colônias de *N. corniger* (ninhos) tiveram acesso à arenas de forrageamento compartilhadas. No interior das arenas estavam à disposição das populações das duas colônias duas, três ou quatro fontes de alimentação. O comportamento dos indivíduos no

interior das arenas foi monitorado durante 48 horas ininterruptas. Esse lapso de tempo permitiu constatar um comportamento agonístico. No segundo experimento, visando determinar tolerância homoespecífica heterocolonial cupins provenientes de dois ninhos foram colocados em placas de Petri e após 24 horas, determinou-se a intensidade das injúrias sofridas pelos operários. As colônias utilizadas nos confrontos estiveram separadas por distâncias específicas de a) 50 a 100 m, b) 200 a 500 m, c) 1000 a 1500 m ou d) mais de 5000 m. Pouco se sabe a respeito deste térmita, assim, partiu-se do princípio de que o mesmo adota estratégias especificamente preferenciais, quando sai em busca de seu alimento. Observações pessoais demonstram que não existem obstáculos à colônia quando se trata da busca de alimento. Baseando-se neste princípio, 20 colônias (perfeitamente saudáveis) foram conectadas a um dispositivo provido de três compartimentos distintos. No interior do apetrecho, três compartimentos permitiram a passagens de cupins. A primeira passagem tinha uma barreira vertical; a segunda uma barreira sólida e a terceira livre de obstáculos. O fluxo dos cupins em cada compartimento foi quantificado a cada 12 h por um período de 72 horas. O primeiro estudo demonstrou que, individualmente, os soldados tendem a explorar, preferencialmente, substratos acessados mediante locomoção ascendente, porém, os operários não demonstraram tal preferência. No que tange aos testes de comportamento coletivo as fontes de alimento situadas acima ou abaixo do ponto de afluência dos cupins foram executadas quase simultaneamente; contudo, o recrutamento de soldados e operárias foi mais intenso no alimento adito mediante locomoção descendente. Quando se trata de territorialidade, observou-se que o número de fontes de alimento influenciou significativamente a resposta agonística entre ninhos. A percentagem de testes com tolerância heterocolonial aumentou com o aumento do número de fontes de alimento disponível. Indivíduos de ninhos próximos demonstraram agressividade menos intensa; no entanto, a probabilidade de tolerância heterocolonial foi maior em ninhos separados pelas maiores distâncias. Quanto ao efeito de obstáculos sobre a estratégia de acesso à fonte alimentar verificou-se que vias com barreiras verticais não foram rejeitadas, mesmo quando os cupins acessam simultaneamente o alimento através das vias livres de obstáculos. Todavia, o fluxo por estas resultou significativamente menor ao

observado nas passagens livres ou subterrâneas (barreira sólida). Barreiras sólidas retardaram a ocorrência de exploração da fonte de alimento; porém, uma vez superada mediante a escavação de túneis esta passagem foi utilizada com a mesma intensidade que a passagem livre de obstáculos.

## ABSTRACT

SOUZA, José Hildefonso, D.S., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. August. 2012. Exploration Behavior and Intraspecific Tolerance of *N. corniger* (Isoptera:Termitidae). Main Faculty Advisor: Omar Eduardo Bailez. Assistant Faculty Advisors: Ana Maria Matoso Viana-Bailez and Vinícius Siqueira Gazal Silva.

Three studies were carried out under laboratory conditions with adult colonies of *N. corniger*. In a first study, the orientation of individual soldiers and workers was recorded on a vertical substrate in a first experiment. In a second experiment, the termites were offered in pieces of *Eucalyptus grandis* on four platforms located on a ramp 22 cm long placed at a 45° slope. The termites had access to the ramp by a central platform without food and could either descend or ascend to reach the food sources. On each platform the occurrence and intensity of recruitment to the food were recorded. A third experiment was performed with the same method, except the ramp length was 80 cm and there were only two platforms with food. A second work was carried out to study the territorial behavior of *N. corniger*. In a first experiment, tests were performed in which pairs of *N. corniger* nests were connected to forage areas containing two, three or four food sources. The termites' behavior in the foraging arena was monitored for 48 hours to record the occurrence of agonistic behavior. In a

second experiment, tolerance tests were conducted in Petri dishes between individuals of the same species from different colonies. Ten workers were removed from *N. corniger* nests separated by distances of 1) less than 50 m, 2) 50 to 100 m, 3) 200 to 500 m, 4) 1000 to 1500 m or 5) more than 5000 m. Two groups of ten termites from each pairing of nests were released simultaneously in each Petri dish. After 24 hours the intensity of the injuries suffered by the termites was determined. Control tests were conducted between individuals from the same nest. The last work involved assessment of whether *N. corniger* adopts preferential food access strategies in function of obstacles placed between the nest and food source. *N. corniger* nests (n=20) were connected to a device with three compartments containing: 1) a vertical barrier; 2) a solid barrier; or 3) free passage, without obstacles (control). The flow of termites in each compartment was quantified each 12 hours for 72 h. In the experiments on individual orientation, it was found that *N. corniger* soldiers have a tendency to access food sources by moving upward, while this preference was not noted among the workers. In the tests of collective behavior, the food sources placed above and below the entry point were accessed virtually simultaneously but the recruitment of soldiers and workers was more intense to the food accessed by moving downward. In the experiments of territorial behavior, the number of food sources significantly influenced the agonistic response between the homospecific nests. The percentage of tests with tolerance between different colonies increased with rising number of food sources. Individuals from nests located nearer each other showed less aggressiveness but the probability of tolerance between colonies was greater for colonies separated by greater distances. Regarding the effect of obstacles on the strategy to access food sources, the termites used the access route with vertical barrier even though a direct route to the same food source without obstacles was available. However, the flow through vertical barrier route was always significantly lower than in the free passage or the underground passage (solid barrier). The solid barrier delayed access to the food, but once tunnels had been opened, this passage was used with the same intensity as the barrier-free route.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o aumento expressivo da produção de alimentos de origem agropecuária tem sido consequência do processo conhecido como revolução verde. Este fenômeno foi desenvolvido em grande medida graças a grandes avanços tecnológicos; no entanto, apoiou-se também em um súbito aumento das áreas destinadas à agricultura.

A expansão acelerada das áreas cultivadas ocasionou uma alteração do equilíbrio dos ecossistemas com ameaça à fauna e flora existente exigindo adaptações de algumas espécies a esses novos ambientes. Devido a este fenômeno, surtos populacionais de algumas espécies de insetos aconteceram em níveis em que passaram a ser considerados pragas (Souza et al., 2007). Em paralelo a este fenômeno, um crescimento acelerado da população em muitas cidades provocou uma expansão urbana sobre áreas agrícolas e de vegetação natural acarretando processos similares. Assim, algumas espécies denominadas sinantrópicas adaptaram-se a esses novos ambientes e tornaram-se pragas urbanas (Milano, 1998; Costa Leonardo et al., 2007; Zorzenon, 2009).

Em ambientes agrícolas os cupins são responsáveis pela ocorrência de grandes danos a canaviais, áreas de pastagens e cultivos florestais. Em áreas urbanas, espécies de cupins nativos que até poucas décadas ocorriam somente em áreas de vegetação natural passaram também a ser consideradas pragas pelos crescentes danos que ocasionam. Em alguns países as perdas provocadas pelos cupins podem chegar a cifras que superam centenas de milhões de dólares por ano (Edwards e Mill, 1986).

De acordo com o comportamento de nidificação os cupins podem ser classificados como de madeira seca (nidificam no interior da madeira), subterrâneos (com ninhos no subsolo), arborícolas (ninhos construídos sobre os ramos de árvores) e epígeos (inicia sempre ninhos subterrâneos; contudo, o crescimento da colônia emerge sobre a superfície do solo)(Costa Leonardo, 2002; Zorzenon e Potenza, 2006).

Os cupins do gênero *Nasutitermes*, também conhecidos vulgarmente como nasutos, são arborícolas e podem ser encontrados em todo o continente americano. Na região neotropical representam o grupo de maior diversidade (Constantino, 1998). Os ninhos são muito populosos e possuem elevada capacidade de forrageamento, que se expressa em um grande número de galerias e túneis construídos em direção às fontes de alimento. No Brasil, *Nasutitermes* é também considerado um dos gêneros mais importantes. Além de sua diversidade e ampla distribuição em áreas de matas, cerrados e caatingas (Bandeira et al., 1998), compreende espécies que se comportam como praga de área urbana e rural (Edwards e Mill, 1986).

Em levantamento de espécies realizado na área urbana do Município de Campos dos Goytacazes, RJ, Silva (2008) constatou que danos a estruturas de residências são muitas vezes provocados por espécies arborícolas nativas e *Nasutitermes corniger* foi, após a introduzida *Coptotermes gestroi*, a espécie com maior número de ocorrências de ataques em residências.

O controle de cupins em área urbana implica, em essência, interromper os eventos que permitem o adito à madeira das construções (Forschler, 1998). O método comumente usado na prevenção e controle de dano consiste no tratamento preventivo formando barreiras químicas no solo uma aplicação de inseticidas na madeira atacada. Entretanto, um dos riscos nestes casos é o de intoxicação humana e poluição ambiental. Por esta razão nos últimos anos técnicas de controle vêm sendo desenvolvidas visando uma redução no uso de inseticidas.

Um dos métodos de controle de cupins que tem sido utilizado em forma crescente é o método a base de iscas. A chance de sucesso deste método se apóia no conhecimento profundo do comportamento social e individual do cupim. Apesar da importância crescente de *N. corniger* como espécie praga poucos estudos têm sido realizados para conhecer sua biologia e

comportamento. Entender as bases comportamentais do forrageamento desta espécie é um dos principais fundamentos a serem investigados na procura de novas técnicas de manejo dessa praga.

Este trabalho tem como objetivo elucidar aspectos do comportamento de exploração e territorialidade de *N. corniger* no seu acesso à fonte alimentar. Estas informações servirão de subsídio para o desenvolvimento de estratégias de manejo baseadas em técnicas de controle e monitoramento menos poluentes.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cupins

Os cupins são insetos da ordem Isoptera que ocorrem tanto em locais de clima temperado como em áreas tropicais entre os paralelos 52° N, 12 e 45° S, (Lee e Wood, 1971). O número de espécies descritas até o presente é de 2860 espécies de cupim (Potenza e Zorzenon, 2006). A classificação mais aceita considera sete famílias: Hodotermitidae, (19 espécies), Kalotermitidae, (447 espécies) Mastotermitidae, (uma espécie), Rhinotermitidae, (349 espécies), Serritermitidae, (02 espécies) Termopsidae, (20 espécies) e Termitidae, (2021 espécies) (Constantino, 1998; 1999; 2002).

Na região neotropical (área desde sul da Flórida, ilhas do Caribe e centro do México até ao sul da América do Sul) podem ser encontradas mais de 546 espécies que se agrupam em 99 gêneros de 05 famílias. A região Neotropical apresenta a segunda maior termitofauna do mundo quanto a número de espécies e é apenas superada pela Região Etiópica que compreende África do sul, Saariana e sul da Península Arábica (Krishna e Weesner, 1969).

No Brasil já foram registradas 300 espécies de cupins; porém, estima-se que esse número seja muito aquém do real (Araújo, 1977; Fontes, 1983; Constantino, 2002) uma vez que, levantamentos faunísticos recentes no norte e nordeste do país permitiram registrar grande número de novos táxons (Costa Leonardo, 2002; Constantino, 2002; Potenza e Zorzenon, 2006).

A estrutura dos ninhos de cupins é variada; contudo, geralmente possuem uma câmara real, câmaras de cria, câmaras de armazenamento de

alimento (podem estar ausentes) e galerias de forrageamento (Costa-Leonardo, 2002). Pelo local onde são construídos podem ser classificados como: a) ninhos na madeira, forma de nidificação mais primitiva; b) ninhos subterrâneos, constituídos por uma ou múltiplas câmaras interligadas; c) ninhos epígeos, se iniciam de forma subterrânea; no entanto, com o crescimento da colônia desenvolvem uma parte aérea em forma de montículo; d) ninhos arborícolas, possuem forma esférica ou elipsoidal e são construídos em árvores (Noirot, 1970).

Os cupins vivem em quase todos os ecossistemas terrestres em colônias constituídas por milhares ou até mesmo milhões de indivíduos (Emerson, 1938). A estrutura social da colônia de cupins permite categorizar estes insetos como eusociais, visto que vivem em grupos com sobreposição de gerações, divisão de tarefas e cooperatividade no cuidados da prole.

Os indivíduos da sociedade de cupins desenvolvem por hemimetabolia (Grassé 1982; Oliveira et al., 1986). A sua morfologia e especialização de funções permite classificá-los em castas. Segundo a classificação de da Costa Lima (1939), Grassé (1949) e Lee e Wood (1971), em uma colônia de cupins são encontradas as castas: I) Soldado; II) Operária; e III) Reprodutor.

Os soldados atuam na defesa da colônia quando há sinal de invasores. Apresentam diversidade morfológica e variados mecanismos de defesa, tanto mecânica quanto química.

As operárias são responsáveis pela obtenção de alimento, construção e limpeza do ninho e cuidado da prole e reprodutores.

Os reprodutores, denominados de rei e rainha, são os responsáveis pela geração de novos indivíduos na sociedade e pela formação de novas colônias (Krishna, 1969). A multiplicação de colônias acontece geralmente após a dispersão de machos e fêmeas alados. Os alados podem permanecer meses no interior do termiteiro; entretanto, nos meses mais quentes e chuvosos são desvinculados da colônia e acontecem as revoadas de alados que dão origem aos acasalamentos (Nutting, 1970).

O alimento básico dos cupins é a celulose; porém, a fonte de celulose varia de acordo com a espécie (Vasconcellos, 1999). A maioria das espécies alimenta-se de madeira nos mais variados estágios de decomposição. Outras utilizam húmus, líquens, fezes de herbívoros ou fungos que cultivam no interior

do ninho (Noirot e Noirot-Timotheé, 1969; Wood, 1978). Imaturos, soldados e reprodutores são alimentados pelos operários que fornecem alimento via estomodeical ou proctodeica. Na alimentação estomodeical o inseto recebe alimento regurgitado mediante o fenômeno da trofalaxia. Esta é a única via de alimentação de reprodutores funcionais (rei e rainha). O soldado é geralmente nutrido com alimento regurgitado. Quando se trata de alimentação proctodeica o alimento é liberado pelo anus, advindo do intestino posterior. A eliminação dessas "fezes" surge como resposta a estímulos táteis efetuados pelo receptor sobre a operária doadora que libera alimento semilíquido rico em simbiotes intestinais (Grassé 1949; Krishna e Weesner, 1969).

De acordo com o grau evolutivo, os cupins podem ser classificados em basais ou derivados. Os cupins basais usam madeira como fonte de alimento principal, a alimentação interindividual é via trofalaxia, possuem castas pouco definidas, a fauna intestinal é composta por protozoários flagelados e sua função simbiótica consiste em degradar a celulose. Os cupins derivados pertencem exclusivamente à família Termitidae. Suas colônias são populosas, com castas bem definidas, podem usar outras fontes de alimento além de madeira e a degradação de celulose é processada, exclusivamente, por enzimas de bactérias presente no intestino da própria operária. Os ninhos são cartonados e fezes são utilizadas na sua construção (Krishna, 1969; Oliveira et al., 1986).

## **2.2 Danos**

Os cupins podem provocar injúrias em madeiras e raízes, folhas e caules de plantas. Nas árvores podem atacar tanto o alburno (espécies arborícolas como *Nasutitermes* e *Microcerotermes*) quanto o cerne (cupins subterrâneos como *Coptotermes*) (Constantino, 2002).

Em áreas rurais algumas espécies danificam culturas de importância econômica como cana-de-açúcar, arroz de sequeiro, abacaxi, oliveira, batata, cafeeiro, milho, hortaliças e eucalipto (Harris, 1971; Pivetta, 2006). Em cana-de-açúcar já foram reportados perdas de produtividade de até 35 por cento (Avasthy, 1967). Danos também foram relatados na cultura de algodão, soja, mandioca e fruteiras, mas são menos freqüentes (Ferreira e Barrigossi, 2006). Em pastagens, danos por ataques de cupins são menos claros. Injúrias relatadas como danos muitas vezes não são economicamente significativas

(Fadini et al., 2002). Em áreas urbanas, poucas são as espécies de cupins que chegam a ser consideradas pragas; todavia, em contrapartida estas podem provocar enormes prejuízos econômicos (Fontes, 1995; Amaral, 2002;). Somente nos Estados Unidos os custos com prevenção, controle e reparo de danos provocados por cupins são calculados em um bilhão de dólares ao ano (Robinson, 1996). Esse prejuízo chegaria a 02 bilhões de dólares no mundo todo (Edwards e Mill, 1986).

No Brasil o número de espécies de cupins que são consideradas pragas é superior a sessenta (Edwards e Mill, 1986). Vinte e duas espécies são consideradas pragas urbanas, 34 agrícolas e 12 agrícolas e urbanas (Constantino, 2002). Os danos provocados por cupins em áreas urbanas são atribuídos principalmente a três espécies: *Cryptotermes brevis* (Walker, 1853) (Isoptera: Kalotermitidae), *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896) (Isoptera: Rhinotermitidae) e *Nasutitermes* spp. (Isoptera: Termitidae) (Edward e Mill, 1986; Costa-Leonardo, 2002; Silva et al., 2009). O maior prejuízo provocado por estes cupins ocorre em residências; no entanto, ocorre também em edificações históricas e bibliotecas onde a perda não é só econômica; contudo, artística e histórica (Costa-Leonardo, 2002).

O tratamento nestes casos é altamente oneroso. Em São Paulo, por exemplo, para controlar a infestação de apenas 240 edificações históricas foram gastos 3,3 milhões de dólares (Lelis, 1994).

### **2.3 Controle**

Os métodos de controle e prevenção de dano contra cupins são variados. Estes podem se apoiar na preparação de barreiras físicas e químicas ou no tratamento químico da madeira. Eles podem usar iscas tratadas com inseticidas, ou agentes de controle biológico (*Beauveria bassiana*), ou inibidores metabólicos ou hormônios reguladores de crescimento (Costa-Leonardo e Thorne, 1995; Su e Scheffrahn, 1998; 2000).

No Brasil as empresas de desinsetização aplicam regularmente métodos baseados no uso de inseticidas domissanitários de persistência prolongada (período residual longo). Os grupos químicos frequentemente usados são fenilpirazóis, organofosforados e piretídeos que têm como princípio ativo o fipronil, o dichlorvos e a bifentrina, respectivamente (Cabrera, 2001). Esses

produtos podem ser aplicados na forma de pulverização, pó ou soluções inseticidas. O tratamento típico do material atacado consiste na injeção, manual ou mecanizada de soluções inseticidas.

Os métodos de tratamentos químicos não consideram o comportamento social dos cupins e isso pode reduzir sua eficácia (Almeida e Alves, 1995). Além de ser altamente tóxicos ao homem e outros seres vivos o método químico eleva os riscos de contaminação ambiental (Mariconi et al., 1999). Alternativas menos nocivas ao meio ambiente foram desenvolvidas utilizando técnicas de controle biológico ou de uso reduzido de inseticidas (Lewis, 1997). Esta última baseia-se na incorporação do princípio ativo hexaflumuron (hormônio juvenóide) em isca atrativa que ao ser consumido pelas formas jovens, causam um fenômeno que interfere no hormônio da ecdise das mesmas. Esse método utilizado com sucesso no controle de cupins do gênero *Coptotermes* e *Reticulitermes*; não foi eficiente na família Termitidae (Costa-Leonardo, 2002; Su, 1994). Nos últimos anos, com a finalidade de elaborar métodos menos nocivos, foram desenvolvidas pesquisas baseadas no uso de iscas, que levam em conta o comportamento social dos cupins (Jurd e Manners, 1980; González-Coloma et al., 1994; Addor, 1995; Cornelius et al., 1995; Lewis, 1997)

#### **2.4 Comportamentos de territorialidade**

A territorialidade é usualmente definida como o comportamento que um animal adota no momento em que defende uma determinada área (Baroni Urbani, 1979). Insetos sociais são geralmente territoriais e defendem os recursos frente a outros insetos sociais (Wilson, 1971). A utilização do espaço por formigas e cupins, depende da distribuição espacial e temporal dos recursos (Hölldobler e Wilson, 1990). Em cupins a distribuição regular de ninhos induz à territorialidade (Kaib et al., 1997), e pode limitar o tamanho da população das colônias (Adams e Levings, 1987; Korb e Linsenmair, 1998). Ademais, a distribuição regular dos ninhos pode resultar em interações entre membros de colônias próximas. Por isso, discriminar companheiros de ninho de outros organismos intrusos parece ser um importante pré-requisito do comportamento territorial dos insetos sociais (Kaib et al., 2002). Em alguns insetos a ocorrência de reconhecimento parental depende do reconhecimento do perfil de hidrocarbonetos cuticulares presentes na epicutícula (Kaib et al., 2002). Em

*Nasutitermes* spp o comportamento de territorialidade está estreitamente relacionado a mecanismos de recrutamento e forrageamento (Traniello, 1981).

Os cupins têm desenvolvido diferentes estratégias de defesa contra os organismos intrusos. Particularidades na estrutura do ninho e adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais dos indivíduos favorecem algumas delas (Matsumura, 2002). Os mecanismos comumente utilizados pelos cupins na defesa da sociedade se apóiam no comportamento agonístico; nas barreiras físicas; na discriminação de intrusos; e na policalia (Traniello, 1981; Mill, 1983). Os soldados geralmente constituem a principal linha de defesa da colônia; porém, as operárias também participam ativamente dessa atividade (Mill, 1983). A função dos soldados varia com a espécie, o ambiente, e o tipo de predador ao qual a colônia está exposta.

#### 2.4.1. *Comportamento agonístico*

O comportamento agonístico é definido como a resposta agressiva que ocorre quando indivíduos da mesma espécie ou de outra se encontram (Grace, 1996).

O risco de predação e a existência de territorialidade podem alterar a preferência alimentar dos cupins (Araújo, 2005). Espécies territorialistas impedem indivíduos de outras colônias de explorar uma fonte alimentar, mesmo quando esta não está sendo explorada pela colônia agressiva (Araújo, 2005). Delaplane (2003) e Jones (1993) mostraram que em base ao comportamento agonístico é possível estabelecer o limite do território de forrageamento de colônias vizinhas. O contato com antenas ou palpos e o “*grooming*” são atos que precedem qualquer comportamento agressivo contra organismos intrusos. Os cupins verificam o perfil dos hidrocarbonetos cuticulares de um indivíduo, e se este diferir do perfil característico dos indivíduos da colônia ocorre a liberação do feromônio de alarme, o que desencadeia o comportamento agressivo da colônia (Haverty e Thorne, 1989). O comportamento agonístico intra ou interespecífico se manifesta com combate físico ou químico.

*Combate Físico:* A maioria das espécies de cupins possui soldados que manifestam comportamento agonístico desmembrando os intrusos ou perfurando o exoesqueleto. Em algumas espécies também participam dos combates as operárias (Thorne e Haverty, 1991). Leponce et al., (1999)

determinaram em laboratório três níveis de agressividade física intraespecífica em *Nasutitermes princeps*, *Nasutitermes novarumhebridarum* e em *Microcerotermes biroi*. Estes autores estabeleceram que havia anagonismo (não ocorreu combate físico) em *N. novarumhebridarum*; agonismo moderado (inicialmente não ocorre combate físico; todavia, ocorra alta mortalidade em médio prazo ou vice-versa) em alguns ninhos de *N. princeps* e agonismo forte (combate físico inicial seguido de morte) em alguns ninhos de *N. princeps* e em *M. biroi*.

Combate Químico: Algumas espécies de cupins possuem glândula frontal que produz e armazena substâncias químicas tóxicas que são liberadas em situações de alarme. Nestes casos os soldados descarregam estas substâncias sobre os intrusos e os imobilizam, pois, esta substância adquire consistência pegajosa em contato com o ar. A localização da abertura glandular varia de acordo com o gênero do térmita. Nos soldados de *Nasutitermes* spp, as aberturas estão localizadas na extremidade do naso, já em *Coptotermes* spp., encontram-se na própria cabeça dos soldados (Costa-Leonardo, 2002). Algumas espécies carecem de poro de liberação, nestes casos acontece em uma estratégia de defesa, conhecida como bomba química, na qual a cabeça do soldado explode. Esta defesa é constatada em *Globitermes sulphureus* (Termitidae) e em *Serritermes serrifer* (Serritermitidae) (Oster e Wilson, 1978;Costa-Leonardo, 2002;). Na maioria das vezes, os soldados dessas espécies defendem a colônia por meios mecânicos, pois apresentam grandes mandíbulas. No entanto, quando existe desvantagem numérica prendem os intrusos com as mandíbulas e explodem (Oster e Wilson, 1978; Bordereau et al., 1997; Costa-Leonardo, 2002;).

#### 2.4.2. Barreira Física

A construção de barreiras é uma das mais eficientes estratégias de defesa passiva. Os cupins constroem túneis de forrageamento com uma mistura de madeira mastigada, e areia que é cimentada com fluidos fecais e salivares. Cornelius e Grace (1997) verificaram, em laboratório, que quando os cupins são confinados em locais com disponibilidade de alimento e areia, constroem essas barreiras físicas (túneis) para se proteger da invasão principalmente de formigas.

#### 2.4.3. Discriminação de intrusos

*Coptotermes formosanus* possui a capacidade de distinguir diferentes espécies de formigas predadoras por meio de semioquímicos (Cornelius e Grace, 1994). Os soldados apresentam comportamento agonístico mais intenso frente à presença de semioquímicos de *Pheidole megacephala* que de espécies menos agressivas. Essa capacidade de discriminação permite que espécies de formigas não agressivas possam conviver com os cupins fornecendo nutrientes ricos em nitrogênio e auxiliando na defesa da colônia contra os mesmos inimigos (Jaffé et al., 1995).

#### 2.4.4. Policalia:

Ninhos de colônias policálicas (ex. *Nasutitermes* spp. e *Heterotermes aureus*) são considerados fechados, pois no interior da colônia não ocorrem organismos intrusos nem de ninhos coespecíficos (Jones, 1990).

Nos ninhos policálicos, cada cálie com ao menos uma rainha é denominado ninho satélite ou secundário. A coexistência de várias rainhas funcionais em uma mesma colônia denomina-se poliginia (Vasconcellos, 1999). Os ninhos secundários podem também ser poligênicos (conter muitas rainhas), como já foi descrito em *N. corniger*, *N. nigriceps*, *N. ephratae* (Holmgren), *N. polygynus* e em *N. costalis* (Thorne, 1982; 1984; 1985; Roisin e Pasteels, 1986; Clarke e Garraway, 1994).

### 2.5 Comunicação Química

A comunicação nas sociedades animais é predominantemente química. Feromônios são substâncias químicas mensageiras que atuam nas interações dos organismos da mesma espécie e regulam diversos comportamentos.

O feromônio de trilha regula a movimentação de indivíduos em direção a uma fonte alimentar e no retorno ao ninho. Em cupins, o feromônio de trilha origina-se na glândula esternal de soldados e operários. Esta glândula nas famílias Termitidae, Serritermitidae, Rhinotermitidae e Kalotermitidae está localizada na parte anterior do 5º esternito abdominal. Substâncias provenientes da glândula tarsal podem também estar envolvidas na marcação de trilha e na regulação do fluxo de indivíduos à fonte alimentar (Bacchus, 1979; Grassé, 1982), entretanto, não existem estudos experimentais que comprovem essa

função, nem são conhecidas quais substâncias químicas são produzidas por essa glândula (Costa-Leonardo, 2002).

Substâncias, produzidas nas glândulas salivares, foram recentemente indicadas como modificadoras do comportamento de forrageamento em cupins subterrâneos (Costa-Leonardo, 2002). Estas teriam ação fago-estimulante para os operários e provocariam a agregação destes em locais específicos do alimento (zonas de mastigação) (Reinhard et al., 1997; Reinhard e Kaib, 2001).

Na espécie *N. corniger* Silva (2008) verificou que substâncias da glândula salivar têm efeito de agregação ou arrestante e indícios da existência de substâncias feromonais nas fezes que participariam na orientação exploratória.

## **2.6 *Nasutitermes* spp.**

Os cupins do gênero *Nasutitermes* (Termitidae: Nasutitermitinae) são arborícolas e pela proeminência que possuem na frente da cabeça dos soldados em forma de nariz são conhecidos como nasutos. Na região Neotropical foram descritas numerosas espécies e tal abundância faz deste gênero um dos mais ricos em diversidade de espécies da América do Sul (Constantino, 1998; 2002). No Brasil, o gênero *Nasutitermes* se distribui tanto em ambientes de matas tropicais quanto em cerrados e caatingas (Zorzenon e Potenza, 1998; Constantino, 1999). Os primeiros relatos de danos provocados por *Nasutitermes* spp datam da época do descobrimento da América (Cunha, 1989).

Uma das principais espécies do gênero *Nasutitermes* é *N. corniger* (Motschulsky). Esta espécie tem ampla distribuição no continente e ocorre desde os Estados Unidos até Argentina. A sua incidência como praga urbana é significativa no nordeste da Argentina e norte, nordeste do Brasil (Fontes e Milano, 2002). Na Argentina o primeiro registro de *N. corniger* como praga foi relatado na província de Corrientes em 1983. Presume-se que foi introduzida na área urbana com a comercialização de madeira, pois a ocorrência desta espécie não tem sido relatada em ambientes naturais dessa região (Torales et al., 1998). Sua ocorrência esta restringida somente a ambientes urbanos da cidade de Corrientes onde é o térmita que causa maiores danos, mormente infestando árvores, residências e edifícios públicos (Torales et al., 1990; Torales et al., 1998). No Brasil, a espécie foi reconhecida em amostras

provenientes de cidades de diversas regiões do Brasil entre a década de 80 e 90 (Fontes e Milano, 2002). Infestações de *N. corniger*, causando danos a residências, edifícios históricos, coleções de objetos e documentos antigos em bibliotecas já foram relatadas em cidades do Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte do país desde a década de 80 (Bandeira et al., 1989; Constantino, 1998; Milano e Fontes, 2002; Silva, 2008).

## **2.7 Comportamentos de Forrageamento de *Nasutitermes* spp.**

De acordo com Vasconcellos (1999), Andara et al. (2004) e algumas espécies de *Nasutitermes* spp. possuem comportamento de forrageamento similar ao do cupim subterrâneo *Heterotermes tenuis*. A construção de túneis inicia-se com túneis primários a partir dos quais se formam ramificações secundárias terciárias ou quaternárias que aumentam a área de forrageamento.

A exploração do ambiente ocorre em todas as direções (Costa-Leonardo, 2002). As fontes de alimento são detectadas pelos soldados e por meio de feromônios de trilha recrutam em massa, as operárias (Traniello e Busher, 1985; Gazal et al., 2010). Os soldados de algumas espécies como *Nasutitermes ephratae* podem participar exclusivamente da defesa da colônia, formando linhas defensivas em ambos os lados da trilha orientando o naso para o exterior da trilha (Issa, 1995). Em outras espécies como *N. corniger* este comportamento não seria observado e os soldados se misturariam com operárias e ninfas na trilha (Issa, 1995; Issa e Arab, 2000; Costa-Leonardo, 2002).

Algumas espécies como *N. corniger* e *N. macrocephalus* têm mostrado preferência por madeiras específicas e existe evidência que essa preferência poderia ser modificada por meio de experiência alimentar (McMahan, 1966; Bustamante, 1993; Gazal et al., 2010;).

### 3. TRABALHOS

#### 3.1 ORIENTAÇÃO PREFERENCIAL DO CUPIM ARBÓREO *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) (TERMITIDAE: NASUTITERMITINAE) NA EXPLORAÇÃO DE NOVAS AREAS DE FORRAGEAMENTO

##### RESUMO

Para verificar se o comportamento de forrageamento do cupins *Nasutitermes corniger* é influenciado pelo fenômeno da geotaxia foram realizados três experimentos. No primeiro experimento um disco de papel filtro de 65 mm de diâmetro, disposto em posição vertical, foi colocado em contato com o tubo de saída do ninho. A orientação dos indivíduos no disco de papel filtro foi registrada até estes chegarem a uma das bordas do disco. O experimento foi realizado separadamente com soldados e operárias. Os testes foram repetidos com indivíduos de 10 ninhos (vinte indivíduos de cada casta por ninho). No segundo experimento, um ninho de *N. corniger* (n=20) foi conectado por meio de um tubo de silicone a uma rampa feita de vidro de 22 cm de altura e 45° de inclinação. Cinco plataformas foram dispostas na rampa a: 1) 01 cm; 2) 08 cm; 3) 15 cm, 4) 22 cm e 5) 29 cm da base da rampa. Nas plataformas foi colocada uma peça de

madeira de *Eucalyptus grandis*, com exceção da 3ª plataforma (15 cm de altura) pela qual os cupins acessaram a rampa, e permaneceram sem alimento. Para chegar ao alimento os cupins locomover-se em direção ascendente ou descendente. Os testes tiveram início quando o primeiro indivíduo acessou a terceira plataforma da rampa. Nas plataformas com alimento foi registrado o tempo transcorrido desde o início do teste até a ocorrência de: a) Exploração inicial do alimento (primeira visita de soldado); b) Recrutamento inicial (primeira visita de operária); e c) Recrutamento massivo (chegada de operárias em tandem). Após duas horas, as madeiras foram retiradas e os elementos presentes em cada plataforma foram contados e identificados por casta. Em um terceiro experimento, utilizou-se a mesma metodologia; porém, a rampa teve 80 cm de comprimento e apenas duas plataformas com alimento, localizadas nas extremidades desta. Neste caso, os testes tiveram uma duração de 120 horas. Registrou-se o tempo até a ocorrência dos mesmos comportamentos observados no segundo experimento. A contagem de indivíduos em cada fonte de alimento foi executada a cada 06 horas, momento em que o alimento foi trocado por outro de igual dimensão. No primeiro experimento, 78% dos soldados se locomoveram de forma predominante em ângulos ascendentes em relação ao ponto de acesso ( $\chi^2=15,8$ ; gl=1;  $p<0,001$ ). No entanto, as operárias chegaram nas bordas do disco de papel via trajetos ascendentes ou descendentes de forma aleatória ( $\chi^2=2,46$  gl=1;  $p<0,11$ ). No segundo experimento, o número de operárias recrutadas no alimento das distintas plataformas diferiu significativamente. O número de cupins recrutados nas plataformas 1 e 2 foi superior aos da plataforma 5. No terceiro experimento, o número de operárias e soldados recrutados no alimento situado abaixo do ponto de acesso da rampa foi novamente maior do que os recrutados no alimento da plataforma superior. Portanto, verificou-se que individualmente os soldados de *N. corniger* exploram substratos verticais preferencialmente na direção ascendente. No entanto, ao analisar o processo de forrageamento coletivamente, não se verificou tal preferência pois, contrariamente ao esperado o número de operárias e soldados recrutados foi maior na fonte de alimento acessada mediante locomoção descendente.

### 3.1.2 PREFERRED ORIENTATION OF THE ARBOREAL TERMITE *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) (TERMITIDAE: NASUTITERMITINAE) WHEN NEW FORAGING AREAS ARE EXPLORED

#### ABSTRACT

To verify whether the foraging behavior of the termite *Nasutitermes corniger* is influenced by the phenomenon of geotaxy, three experiments were carried out. In the first experiment, a piece of filter paper with diameter of 65 mm was placed vertically in contact with the exit tube from the nest. The orientation of the termites on the filter paper was registered until they reached the edge of the disk. This experiment was conducted separately with soldiers and workers. The tests were repeated with individuals from 10 nests (20 individuals for each caste per nest). In the second experiment, a *N. corniger* nest (n=20) was connected by a silicon tube to a glass ramp 22 cm in height, at 45° inclination. Five platforms were arranged on the ramp, measuring 29 cm in length, placed at 45° inclination (22 cm in height at the top edge). Five platforms were arranged on the ramp, at distances of 1 cm, 8 cm, 15 cm, 22 cm and 29 cm from the bottom edge. A piece of *Eucalyptus grandis* wood was placed on each platform, which the termites could access by the ramp, except for the third platform (height of 15 cm), where no food was placed. To reach the food, the termites could move upward or downward. The tests started when the first termite reached the third platform on

the ramp. For the platforms with food, the time was recorded between the start of the test until the occurrence of: a) initial exploitation of the food (first visit by a soldier); b) initial recruitment (first visit by a worker); and c) mass recruitment (arrival of workers in tandem). After two hours, the pieces of wood were removed and the termites present on each platform were counted and identified by caste. The same method was used in the third experiment, except with a ramp measuring 80 cm in length and with only two platforms with food, one located at each end. In this case, the tests lasted 120 hours and the times were recorded until the same behaviors observed in the first experiment, but the termites on each platform were counted every six hours, when the pieces of wood were replaced by others with the same dimensions. In the first experiment, 78% of the soldiers moved predominantly at ascending angles in relation to the access point ( $\chi^2=15.8$ ;  $df=1$ ;  $p<0.001$ ). However, the workers reached the edge of the paper disk via ascending or descending routes randomly ( $\chi^2=2.46$   $df=1$ ;  $p<0.11$ ). In the second experiment the number of workers recruited at the food on the platforms differed significantly. The number of termites recruited on platforms 1 and 2 was greater than on the fifth platform. In the third experiment, the number of soldiers and workers recruited at the food located below the ramp access point was greater than those recruited on the upper platform. Therefore, we verified that the initial orientation during the exploration process of a new area by *N. corniger* soldiers occurs preferentially in the upward direction. On the other hand, when two food sources are accessed by moving upward and downward, the recruitment of soldiers and workers is more intense at the food accessed by downward movement.

## INTRODUÇÃO

O gênero *Nasutitermes* (Termitidae: Nasutitermitinae) com 243 espécies descritas é o de maior número de espécies na ordem Isoptera (Constantino, 1999). Aproximadamente um quinto destas espécies é encontrado em diversos

ambientes do Brasil como caatingas, matas tropicais, cerrados, planícies e pastagens (Zorzenon e Potenza, 1998).Constantino, 1999).

A maior parte dos cupins do gênero *Nasutitermes* constrói os ninhos na superfície do solo ou em troncos ou ramos de árvores a mais de dois metros de altura (Thorne e Haverty, 2000). As trilhas conectam o ninho a distintas partes da árvore e são facilmente visualizadas porque sobre estas são construídas galerias, feitas com mistura de fezes, terra e outros materiais. As galerias normalmente se situam na parte inferior dos ramos; porém, dependendo do grau de dano podem construir túneis no interior do tronco ou dos ramos (Thorne e Haverty, 2000).

A exploração da área de forrageamento por *Nasutitermes* spp. é determinada por uma orientação primária na qual não há influência de feromônios ou outras marcações preexistentes. Quando esses cupins visitam áreas já exploradas, a orientação passa a ser secundária pois, seguem trilhas de feromônios depositados previamente por outros indivíduos da colônia (Jander e Dalmer, 1974; Traniello, 1982). A trilha química não fornece indicação de direção e, aparentemente os cupins não utilizam outros estímulos direcionais externos para identificar a direção do ninho ou do alimento (Jander e Dalmer, 1974).

Os cupins do gênero *Nasutitermes* se distribuem em diversas regiões do Brasil e até pouco tempo não existiam relatos de danos provocados por espécies deste grupo. Entretanto, nos últimos anos, tem sido registrado um número crescente de infestações de *N. corniger* em edificações urbanas de diversos estados do Brasil (Zorzenon e Potenza, 1998, Constantino, 1999; Fontes, 2002, Silva, 2008). Apesar disso, poucos estudos têm sido realizados sobre o comportamento de forrageamento desta espécie.

Entender os fatores que regulam os mecanismos envolvidos no processo de localização do recurso alimentar é um dos aspectos essenciais para entender os riscos desta espécie como praga urbana e para desenvolver técnicas de manejo ecologicamente corretas.

Neste trabalho procurou estabelecer se o comportamento de orientação de *N. corniger* durante a procura de novas fontes de alimento está influenciado pelo fenômeno da geotaxia e se isto provoca nestes indivíduos uma tendência

a aceitar preferencialmente fontes de alimento mediante locomoção ascendente ou descendente.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Cupins

Colônias adultas de *N. corniger*, com presença de alados, foram coletadas no município de Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro e transportadas a uma sala mantida a  $27\pm 5$  °C,  $85\pm 10$  % e 10:14 horas de fotoperíodo.

Os ninhos foram instalados em cubas de vidro (50x40x60 cm de altura) sobre uma camada de 10 cm de areia esterilizada umedecida. O escape de cupins das cubas foi impedido colocando fitas adesivas de embalagem nas bordas da cuba.

Cada cuba contendo os ninhos foi conectada a uma arena de forrageamento, feita em vidro (50x50x5 cm de altura), por meio de um tubo de silicone de 08 mm de diâmetro. A fuga de indivíduos da arena foi impedida colocando a arena sobre tubos de PVC ( $\varnothing=10$  cm, comprimento=20 cm) dispostos dentro de uma bandeja de plástico com água e detergente (Gazal et al., 2010). Peças de madeira de *Pinus* sp. umedecidos foram colocadas na arena como alimento.

### Experimento I – Orientação individual

Neste experimento verificou-se a orientação individual de *N. corniger* é influenciada pelo fenômeno da geotaxia mediante avaliação da frequência de ocorrência de deslocamentos ascendentes ou descendentes. Para isso, discos de papel filtro foram divididos em quatro quadrantes e uma escala angular foi impressa nas bordas de cada disco para facilitar a observação dos deslocamentos dos cupins.

Ninhos mantidos em laboratório após sete dias foram impedidos de acessar a arena de forrageamento por alguns minutos ao separar o tubo conector do ninho com a arena. Imediatamente, o centro de um disco de papel de filtro fixado a um suporte vertical foi aproximado até entrar em contato com o tubo conector. O disco contou com uma divisão de quatro quadrantes, determinado por uma linha perpendicular e outra paralela ao piso da sala, e com uma escala graduada na borda indicando os ângulos de 0 a 360 °(Figura 1).

Após um indivíduo acessar o centro do disco, o tubo foi levemente distanciado evitando o retorno do cupim ao tubo ou o acesso de outros indivíduos ao disco. Quando os cupins deslocaram-se desde o centro do disco e contataram a borda da circunferência entre os ângulos 181° e 359° da escala considerou-se que houve orientação com algum grau de geotaxia negativa. Quando os cupins contataram a borda do disco entre os ângulos 1° e 179° considerou-se geotaxia positiva.

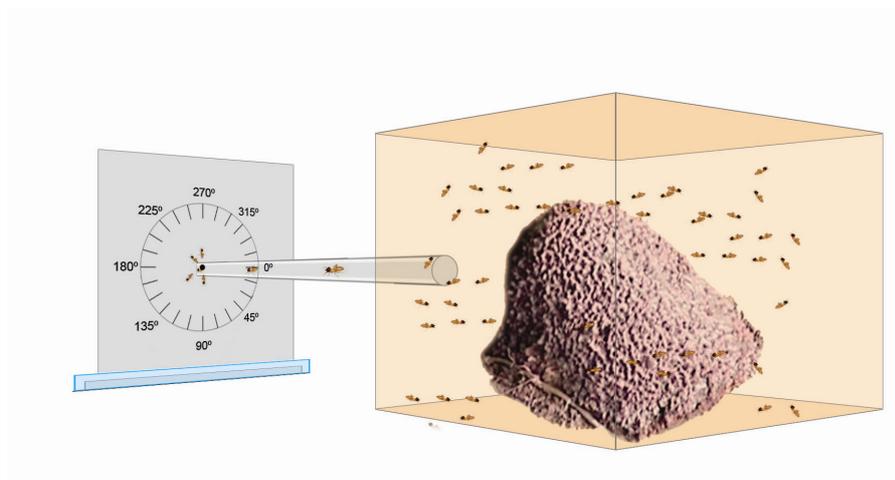


Figura 1. Acesso de cupins ao disco de papel no qual registrou-se a orientação do cupim até alcançar a borda do mesmo. O eixo 0° 180° indica orientação paralela ao solo, o eixo 90° e 270° geotaxia positiva ou negativa.

O percurso dos cupins no disco foi registrado manualmente por um observador em um disco de idênticas dimensões. O teste foi finalizado quando

o cupim contactou a borda do disco e nesse ponto foi registrado o ângulo na escala graduada.

O teste foram repetidos com 20 indivíduos da casta operário e com 20 da casta soldado de cada ninho dos dez utilizados no experimento. A proporção de indivíduos que se orientaram na ascendente ou na descendente foi comparada com uma proporção teórica de 50/50, que pressupõe ausência de orientação preferencial mediante teste de  $\chi^2$ . O ângulo traçado pelos indivíduos de ambas as castas foi comparado mediante Anova.

### **Experimento II: Orientação coletiva**

Ninhos de *N. corniger* com forrageamento estabilizado foram impedidos de acessar a arena de forrageamento por alguns segundos ao retirar o tubo conector. Imediatamente, o tubo foi orientado a uma rampa feita de vidro situada em outra arena. A rampa de 22 cm de altura e 30 cm de comprimento e ângulo de inclinação de 45° continha 5 plataformas, situadas a: 1) 1 cm; 2) 8 cm; 3) 15 cm, 4) 22 cm e 5) 29 cm da base. A plataforma central (3°) foi a que serviu de acesso à rampa, pois o tubo conector proveniente do ninho foi apoiado nesta plataforma (Figura 2).

Em cada plataforma foi colocada uma peça de madeira de *Eucalyptus grandis* (5x2x2 cm), com exceção da terceira plataforma (de acesso) que permaneceu sem alimento. Os testes tiveram início quando o primeiro indivíduo proveniente do ninho acessou a plataforma central. Para facilitar a locomoção dos cupins a rampa e as plataformas foram cobertas com papel filtro.

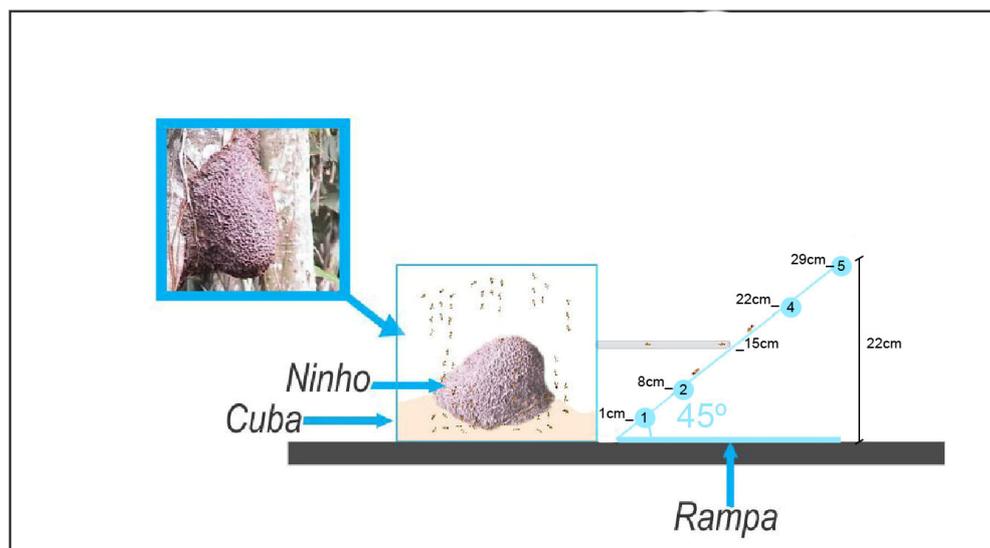


Figura 2. Rampa experimental. Alimento foi colocado nas plataformas 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup>, situadas a 7 e 14 cm da 3<sup>a</sup> plataforma em direção ascendente e descendente, respectivamente.

O tempo transcorrido até a ocorrência de: a) Exploração inicial (primeira visita de soldados ao alimento); b) Recrutamento inicial (primeira visita de operárias ao alimento); e c) Recrutamento massivo (chegada de operários em tandem) (Gazal et al., 2012) foi registrado em cada plataforma com alimento. Após duas horas de início do teste as madeiras foram retiradas e os cupins presentes nas plataformas foram contados. O teste foi repetido com 20 ninhos de *N. corniger* entre março e junho de 2010.

O número de cupins e o tempo até ocorrência dos comportamentos observados em cada plataforma foram comparados mediante ANOVA. Devido à ausência de distribuição normal os dados foram transformados em Log (x+1).

Um segundo teste foi realizado para intensificar os efeitos considerados no experimento precedente e assim favorecer a visualização da resposta dos cupins. Para isso aumentou-se o tamanho da rampa, reduziu-se o número de plataformas da rampa e estendeu-se o período de observação.



## RESULTADOS

### Experimento I – Orientação individual

Soldados e operários apresentaram individualmente um comportamento de orientação diferente quando colocados em um substrato vertical. Na casta soldado 78% dos indivíduos se locomoveram em direção ascendente, enquanto somente 62% dos operários se orientaram nesta direção ( $\chi^2=5,36$ ,  $gl=3$ ;  $p<0,05$ ). (Figura 4). A proporção de soldados que se locomoveu na direção ascendente/descendente diferiu significativamente de uma distribuição aleatória ( $\chi^2=15,8$ ;  $gl=1$ ;  $p<0,001$ ). No entanto, os operários mostraram uma resposta que não diferiu de uma distribuição 50/50 ( $\chi^2=2,46$ ,  $gl=1$ ;  $p<0,11$ ).

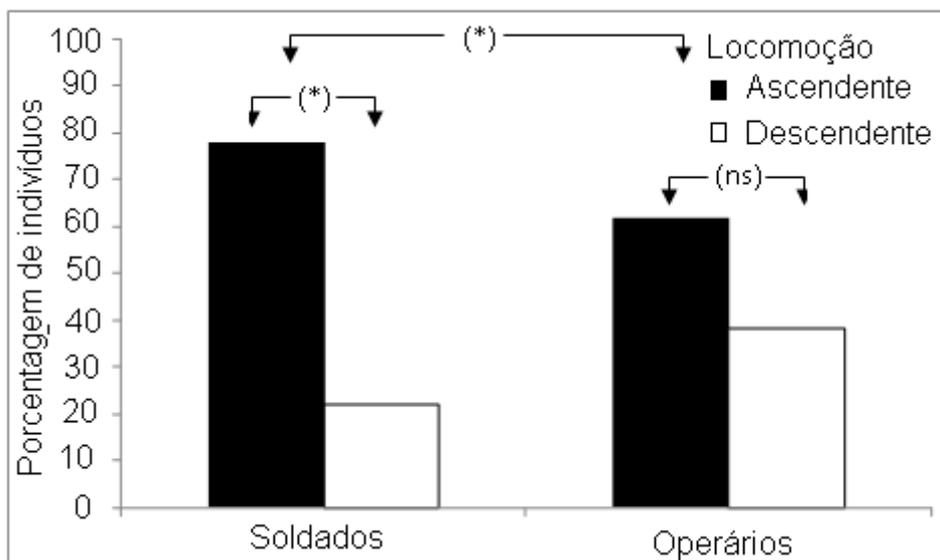


Figura 4. Porcentagem de soldados e operários ( $n= 200$ ) que desde o centro de um disco de papel de filtro ( $\varnothing= 65$  mm) se locomoveram em direção ascendente e descendente até contactar as bordas do disco. (\*) diferença significativa no teste de qui quadrado  $p<0.05$ , ao comparar com uma proporção teórica 50/50 dos indivíduos que se locomovem em direção ascendente/descendente.

Os soldados orientaram-se majoritariamente em trajetos ascendentes ( $F_{3,36}=12,98$ ;  $p<0,001$ ). Trajetos que culminaram nas bordas entre os ângulos entre  $0^\circ$  e  $90^\circ$  ou  $90^\circ$  e  $180^\circ$  foram menos frequentes em que entre os ângulos  $180^\circ$  e  $270^\circ$  ou  $270^\circ$  e  $360^\circ$ . Não foi constatada lateralidade pois, o número de cupins que se orientaram à direita e à esquerda foi similar (Figura 5).

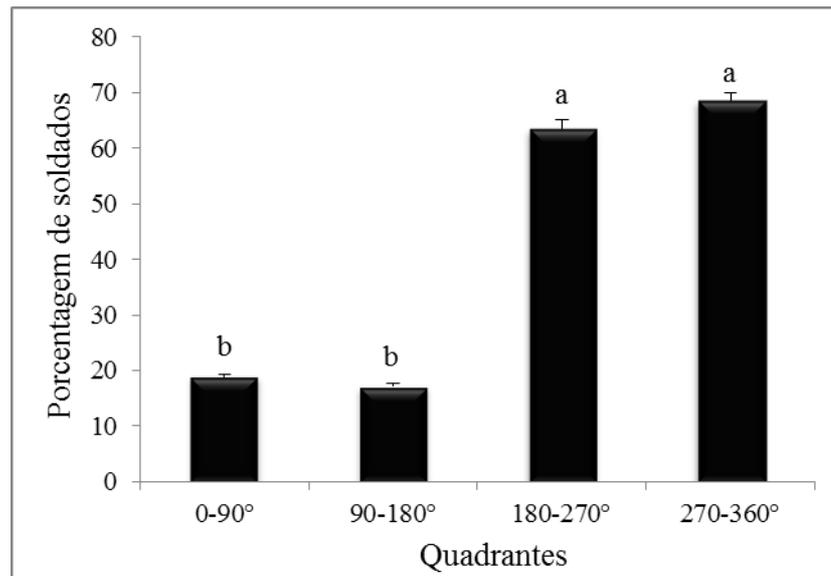


Figura 5. Porcentagem de soldados que se orientaram dentro do quadrante 1 (ângulo de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ ), 2 ( $90^\circ$  a  $180^\circ$ ), 3 ( $180^\circ$  a  $270^\circ$ ) e 4 ( $270^\circ$  a  $360^\circ$ ). (Letras diferentes indicam diferença significativa no teste de Tukey  $p<0,01$ ).

A orientação dos operários não foi aleatória, mas a diferença só aconteceu entre os trajetos realizados no quadrante 1 (entre os ângulos  $0^\circ$  e  $90^\circ$ ) e 3 (entre os ângulos  $180^\circ$  e  $270^\circ$ ) ( $F_{3,36}=3,50$ ;  $p<0,005$ , Figura 6). Não se constatou diferença entre o número de operários que se orientaram para cima e abaixo da horizontal.

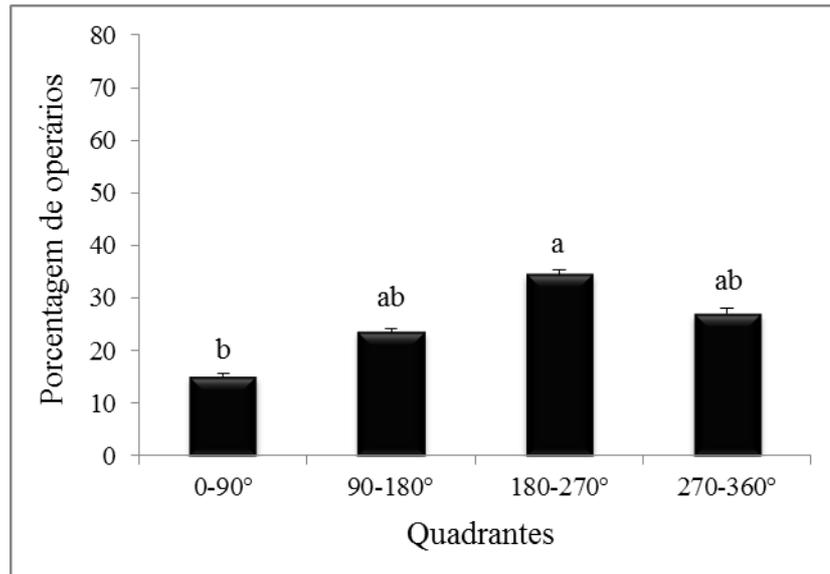


Figura 6. Porcentagem de operários que se locomoveram alcançando as bordas dos quadrantes 1. 0°-90°, 2. 90°-180°, 3. 180°-270° e 4. 270°-360° (Letras diferentes indicam diferença no teste de Tukey  $p < 0,05$ ).

### Experimento II: Orientação coletiva

Não se observou diferença significativa no tempo transcorrido até acontecer exploração inicial ( $F_{3,72}=0,53$ ;  $p=0,66$ ), recrutamento inicial ( $F_{3,71}=0,91$ ;  $p=0,44$ ) ou recrutamento massivo ( $F_{3,56}=1,79$ ;  $p=0,16$ ) entre as diferentes plataformas da rampa. O número de soldados ao final dos testes também não diferiu significativamente entre as plataformas ( $F_{3,67}=0,34$ ;  $p=0,79$ , Tabela 1).

Tabela 1. Tempo transcorrido (Média±EP) desde o início do teste até ocorrência de exploração inicial, recrutamento inicial e recrutamento massivo de cupins e número de operários e soldados recrutados após as duas horas de teste no alimento das quatro plataformas da rampa experimental. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente no teste de Tukey ( $p<0.05$ ).

Plataforma	Tempo (min.)			Frequência	
	Exploração inicial	Recrutamento inicial	Recrutamento massivo	Operários	Soldados
5	12,3 ± 1,3 a	14,1 ± 1,7 a	22,9 ± 5,4 a	168,6 ± 53,0 b	23,4 ± 5,8 a
4	11,6 ± 1,7 a	16,6 ± 2,6 a	28,4 ± 5,0 a	244,8 ± 58,0 ab	24,0 ± 4,6 a
3	-	-	-	-	-
2	10,7 ± 1,7 a	13,4 ± 2,1 a	19,4 ± 3,2 a	294,4 ± 59,5 a	34,6 ± 14,9 a
1	10,8 ± 1,5 a	11,6 ± 1,7 a	18,7 ± 2,8 a	303,2 ± 65,3 a	30,7 ± 6,85 a

Por outro lado, o número de operários recrutados ao final dos testes nas plataformas 1 e 2 (situadas a 14 cm e 7 cm do ponto de acesso em direção descendente) foi significativamente superior ( $F_{3,66}=2,89$ ;  $p<0,05$ ) que o da plataforma 5 (situada a 14 cm do ponto de acesso em direção ascendente , Figura 7).

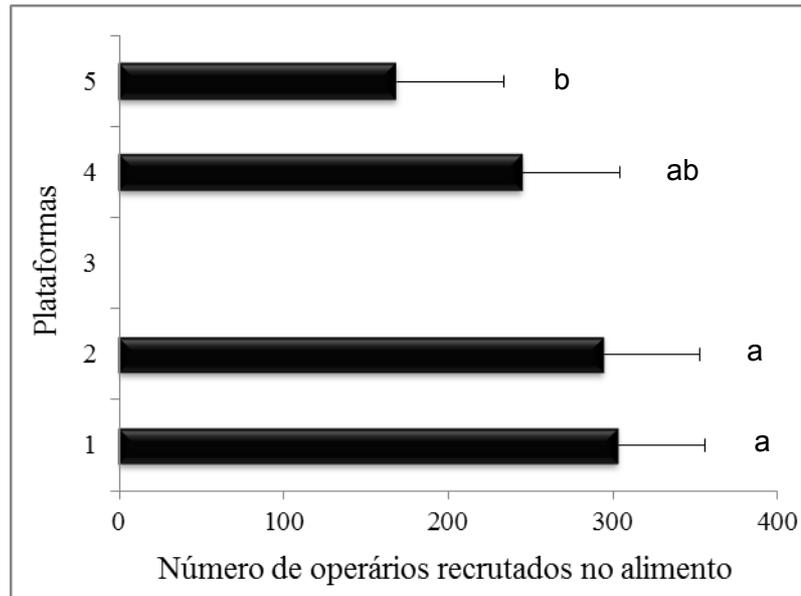


Figura 7. Número de operários de *N. corniger* recrutados em duas horas de experimentação nas plataformas 1 e 2 (situadas a 14 e 7 cm do ponto de acesso em direção descendente) e 4 e 5 (situadas a 7 e 14 cm do ponto de acesso em direção ascendente) da rampa experimental. A plataforma 3 situada a 21 cm da base foi conectada ao ninho e serviu de acesso à rampa para os cupins vindos do ninho (Letras distintas indicam diferença significativa no teste de Tukey  $p < 0,05$ ).

Uma análise feita com os dados das plataformas 1 e 2 vs 3 e 4 agrupados mostrou que o número de operários recrutados nas fontes situadas abaixo do ponto de acesso ( $290,6 \pm 43,2$ ) foi maior que nas fontes situadas acima ( $199,9 \pm 38,5$ ) ( $F_{1,70}=4,72$ ;  $p < 0,05$ ). No entanto, não foi constatada diferença no tempo até ocorrência de exploração inicial ( $F_{1,70}=1,52$ ;  $p=0,22$ ), recrutamento inicial ( $F_{1,70}=3,78$ ;  $p=0,056$ ) nem recrutamento massivo ( $F_{1,70}=0,69$ ;  $p=0,40$ ). O número de soldados recrutados apesar de mostrar um valor superior na plataforma inferior ( $32,7 \pm 8,1$  vs.  $23 \pm 3,6$ ) também não diferiu significativamente ( $F_{1,70}=1,04$ ;  $p=0,31$ , Figura 8).

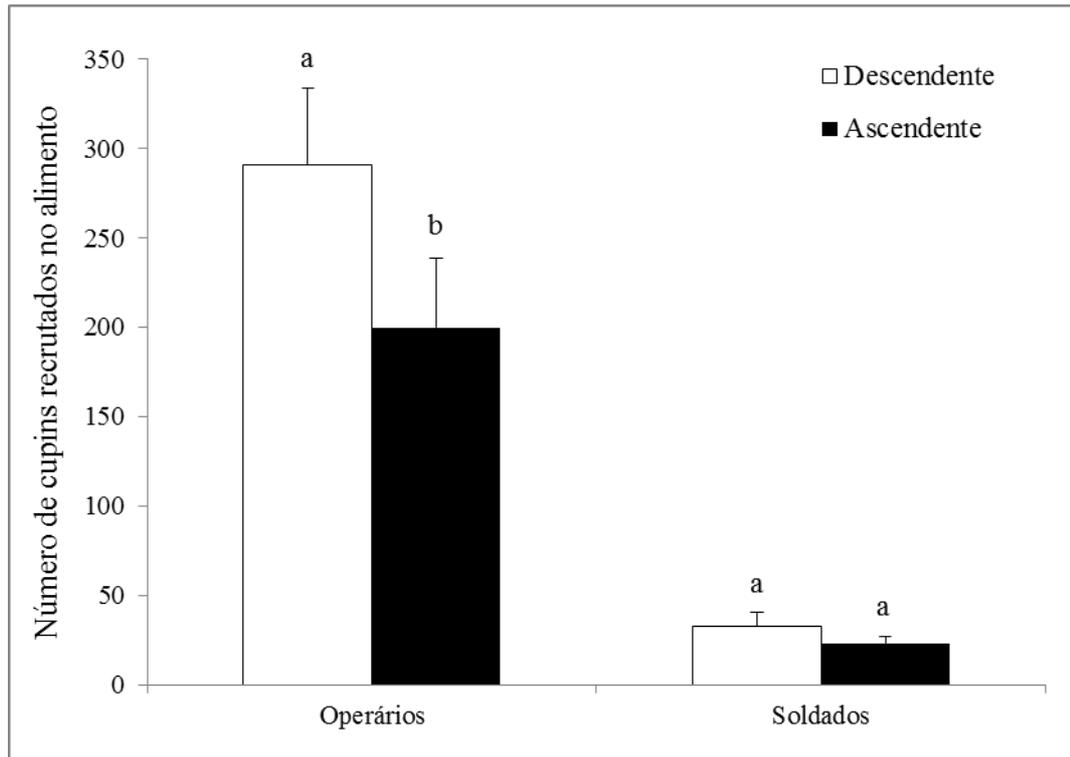


Figura 8. Número de operários e soldados de *Nasutitermes corniger* recrutados após duas horas de teste em alimento acessado mediante locomoção ascendente (plataforma 4 e 5 agrupadas) e descendente (plataforma 1 e 2 agrupadas) a partir da plataforma central da rampa (plataforma 3). Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste Tukey  $p < 0,05$ .

No segundo teste realizado com a rampa de apenas três plataformas constatou-se que tanto o número de operários quanto o de soldados foi maior na fonte de alimento localizada abaixo do ponto de acesso à rampa. O número de operários recrutados na fonte situada na plataforma inferior (1) foi  $193,9 \pm 17,4$  vs.  $154,8 \pm 13,3$  na superior ( $F_{1,318} = 11,9$ ;  $p < 0,001$ , Figura 9). O número de soldados na plataforma 1 foi  $24,1 \pm 2,8$  vs.  $19,6 \pm 3,1$  na terceira plataforma ( $F_{1,318} = 8,6$ ;  $p < 0,05$ ).

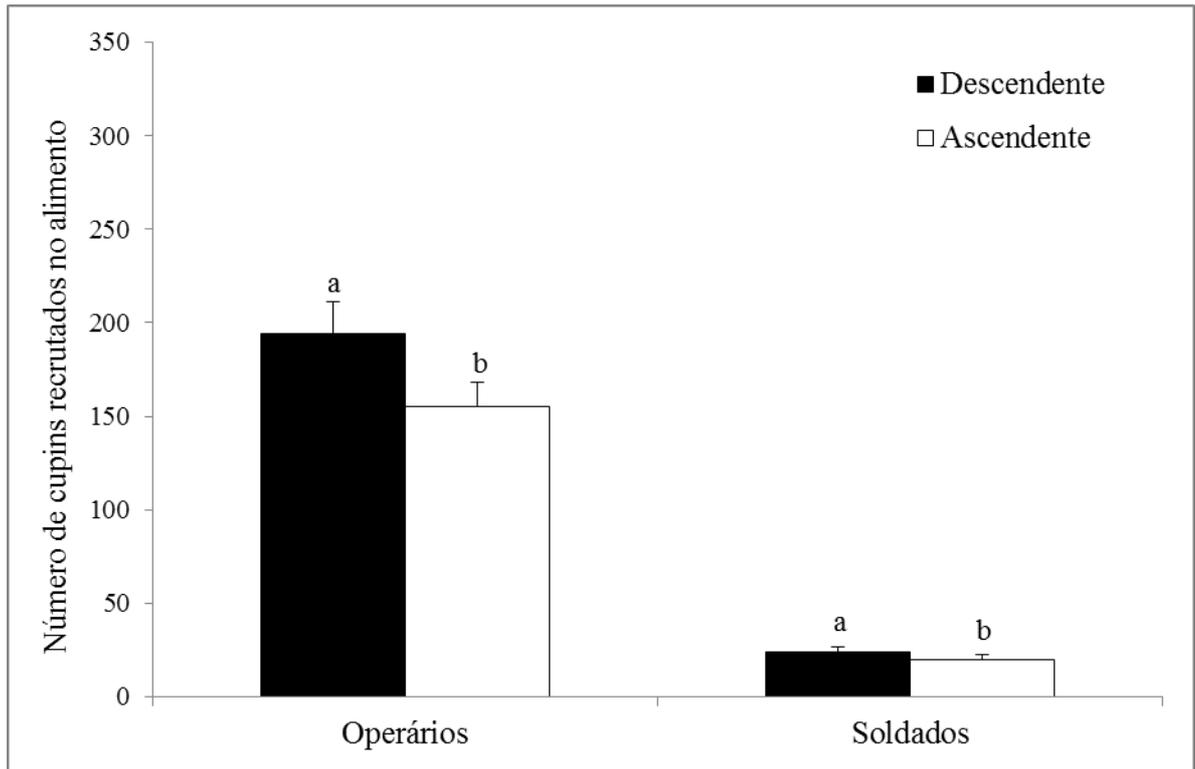


Figura 9. Número de operários e soldados de *Nasutitermes corniger* recrutados depois de seis horas no alimento situado acima (mediante locomoção ascendente) ou abaixo (locomoção descendente) da plataforma 2 ou de acesso à rampa. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste Tukey  $p < 0,05$ .

## DISCUSSÃO

Em nossos experimentos constatamos que em substrato vertical os soldados de *N. corniger* mostram uma orientação preferencial para explorar áreas situadas acima do ponto de acesso. Na casta operária a porcentagem de indivíduos que exploraram mediante locomoção ascendente também foi maior, mas não diferiu significativamente de uma distribuição 50:50 em direção ascendente/descendente. Jander e Dalmer (1974), encontraram resultados

similares trabalhando com a espécie *Hospitalitermes rufus*, onde aproximadamente 90% dos soldados desta espécie se locomoveram em um plano vertical em direção ascendente. Similarmente, não encontraram diferença significativa entre o número de operários que se locomoveram em direção ascendente e descendente. Para Jander e Dalmer (1974), a maior tendência dos soldados em se locomover em direção ascendente seria consequência da ação da gravidade, indicando que o comportamento exploratório poderia estar sendo regulado pelo fenômeno da geotaxia. Deste modo, a tendência constatada em *N. corniger* a explorar áreas mediante locomoção ascendente a corresponderia igualmente responder a um fenômeno de geotaxia negativa (Jander, 1957; Jacobs-Jessen, 1959).

Ao avaliar o comportamento coletivo dos cupins em ambos os testes, foi constatado que os cupins exploraram mais intensamente as fontes situadas abaixo do ponto de acesso à rampa. Essa preferência coletiva distinta da expressada pelos soldados individualmente não pode ser explicada mas, é provável que seja consequência de diferenças de eficiência na marcação de trilha ou na percepção do feromônio de marcação quando os cupins transitam por um substrato vertical em locomoção ascendente versus um em locomoção descendente. O maior número de operários recrutados nas plataformas acessadas mediante locomoção descendente sugere uma ação positiva da força gravitacional em *N. corniger* (Jander e Dalmer, 1974), mas nesta fase do processo de forrageamento os operários estariam em princípio respondendo a uma orientação secundária, consequência da marcação feromonal (Traniello, 1981; Costa-Leonardo, 2002). Entretanto, no segundo teste o número de soldados recrutados no alimento da plataforma inferior também foi maior. Deste modo, a exploração de um substrato vertical efetuada individualmente pelos soldados de *N. corniger* ocorreria preferencialmente em direção ascendente, mas uma vez que fontes de alimento são encontradas simultaneamente mediante locomoção ascendente e descendente o recrutamento de soldados e operários tende a se intensificar na fonte acessada mediante locomoção descendente. Considerando que a preferência se inverte durante a fase de recrutamento, é provável que essa inversão seja consequência de diferenças de eficiência na marcação de trilha por parte dos cupins que retornam ao ninho em uma locomoção ascendente ou descendente. A deposição de feromônio em um

substrato mediante locomoção ascendente ou a percepção deste seria mais eficiente.

Estas informações podem subsidiar o desenvolvimento de estratégias de manejo de *N. corniger* baseadas em técnicas comportamentais e ajudar no delineamento de experimentos comportamentais tanto em condições de campo quanto de laboratório.

## CONCLUSÕES

- A exploração inicial na procura de fontes de alimento realizada pelos soldados de *N. corniger*, ocorreu preferencialmente na orientação direcional ascendente (geotaxia negativa);
- Operários de *N. corniger* não apresentaram individualmente preferência orientativa direcional;
- A preferência coletiva pela exploração de fontes de alimento em locais que requerem locomoção descendente apresenta resultado contrário à preferência orientativa individual dos soldados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Constantino, R. (1999) Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. *Pap. Avulsos Zool. (São Paulo)*, 40: 387-448.
- Costa-Leonardo, A.M. (2002) *Cupins-Praga: morfologia, biologia e controle*. Rio Claro: DIVISA, 128 p.
- Fontes, L.R., Milano, S. (2002) Termites as an urban problem in south América. *Sociobiology*, 40: 103-151.

- Gazal, V., Bailez, O., Viana-Bailez, A.M. (2010) Wood Preference of *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae). *Sociobiology*, 55: 433-443.
- Gazal, V., Bailez, O., Viana-Bailez, A. M., Aguiar-Menezes, E.L., Menezes, E.B. (2012) Decayed Wood Affecting the Attraction of the Pest Arboreal Termite *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae) to Resource Foods. *Sociobiology*, 59: 287-295.
- Jacobs-Jessen, U.F. (1959) Zur Orientierung der Hummel und einiger anderer Hymenopteren. *Z. vergleich. Physiol.* 41: 597-641.
- Jander, R. (1957) Die optische Richtungs-orientierung der Roten Waldameise (*Formica rufa* L.). *Z. vergleich. Physiol.* 40: 162-238.
- Jander, R., Daumer, K. (1974) Guide-line and gravity orientation of blind termites foraging in the open (Termitidae: Macrotermes, Hospitalitermes). *Insectes Soc.*, 21: 45-69.
- Silva, V.S.G. (2008) Comportamento de forrageamento de *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) (Isoptera: Termitidae) e sua ocorrência em áreas urbanas. Tese (Doutorado) - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 108 p.
- Thorne, B.L., Haverty, M.I. (2000) Nest growth and survivorship in three species of neotropical *Nasutitermes* (Isoptera: Termitidae). *Environ. Entomol.*, 29: 256-264.
- Traniello, J.F.A. (1981) Enemy deterrence in the recruitment strategy of a termite. Soldier organized foraging in *Nasutitermes costalis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 78: 1976-1979.
- Traniello, J.F.A. (1982) Recruitment and orientation components in a termite trail pheromone. *Naturwissenschaften*, 69: 343-344.
- Zorzenon, F.J., Potenza, M.R. (1998) *Cupins: pragas em áreas urbanas*. São Paulo: Boletim Técnico do Instituto Biológico, n. 10, 40p.

### 3.2. COMPORTAMENTO DE TERRITORIALIDADE E TOLERÂNCIA INTRAESPECÍFICA EM *Nasutitermes corniger* (ISOPTERA, TERMITIDAE)

#### RESUMO

O comportamento de defesa de território em *Nasutitermes* spp. está intimamente relacionado às atividades de forrageamento. O comportamento agonístico é desencadeado quando soldados e operários heterocoloniais exploram um mesmo local à procura de alimento. Neste trabalho verificou-se se a disponibilidade de alimento e a distância entre ninhos modificam a tolerância intercolonial do *N. corniger*. Colônias de *N. corniger* coletadas na área rural do município de Campos dos Goytacazes, RJ, foram transportadas para uma sala mantida a  $27\pm 5$  °C,  $85\pm 10$  % UR e 14 h de fotoperíodo. As colônias foram instaladas em cubas de vidro sobre uma camada de 10 cm de areia esterilizada umedecida. No primeiro experimento, duas colônias foram conectadas a uma mesma arena de forrageamento contendo: uma, duas ou três fontes de alimento (peças de madeira de *Eucalyptus grandis* de 5x2x2 cm). O comportamento dos cupins foi observado durante 10 minutos a intervalos de 2 horas ao longo de 48 horas. Os testes foram repetidos 15 vezes com um total de seis colônias, que foram confrontados entre si. No segundo experimento operárias retiradas de duas colônias, foram colocadas em tubos "Duran" e depois liberados, simultaneamente, em uma placa de Petri. Após 24 h foi determinada a

intensidade de injúrias sofridas pelos indivíduos. Os testes foram repetidos 20 vezes confrontando-se indivíduos de diferentes ninhos. No primeiro experimento, constatou-se que em 13 dos 15 testes do tratamento 01 (duas fontes de alimento) ocorreu comportamento agonístico; no entanto, nos tratamentos 02 e 03 adviu somente em 11 dos 15 testes. Mesmo que o número de testes sem ocorrência de comportamento agonístico tenha aumentado em virtude do aumento do número de fontes de alimento, quando se compara os tratamentos estes não diferiram significativamente no teste de  $\chi^2$ . No segundo experimento, a taxa média de injúrias no confronto de colônias próximas (até 100 m) foi significativamente menor (39%) quando comparado ao de confronto de indivíduos de colônias distantes de 200 até 500 m (50%). A mais alta taxa de injúrias ocorreu nos confrontos de indivíduos de colônias distantes de mais de 1.000m (>59%).

TERRITORIAL BEHAVIOR AND INTRAESPECIFIC TOLERANCE OF  
*Nasutitermes corniger* (ISOPTERA, TERMITIDAE)

**ABSTRACT**

The territorial defense behavior of *Nasutitermes* spp. is closely related to their foraging activities. Agonistic behavior is triggered when heterocolonial soldiers and workers explore the same site seeking food. In this work we verified whether the availability of food and distance between nests modifies the intercolony tolerance of *N. corniger*. Nests of this species were collected in a rural area of Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro State, Brazil and were taken into a room kept at  $27\pm 5$  °C,  $85\pm 10\%$  RH and 14 h photoperiod. The nests were placed in glass boxes over a 10-cm layer of moist sterilized sand. In a first experiment, two nests were connected to a shared foraging arena. Each arena contained one, two or three food source (a piece of *Eucalyptos grandis* wood measuring 5x2x2 cm. The termites' behavior was observed during 10 minutes at 2-hour intervals for 48 hours.. The tests were repeated 15 times using six nests placed in confrontation in varying pairs. In a second experiment, ten workers retrieved from two colonies were placed in Duran tubes and released simultaneously into a Petri dish. After 24 hours the intensity of injuries suffered by the termites was determined. The tests were repeated 20 times with termites from different nests. In the first experiment, there was agonistic behavior in 13 of the 15 tests in

treatment 1, while this behavior only occurred in 11 of the 15 tests in treatments 2 and 3. Although the number of tests without the occurrence of agonistic behavior increased with increasing number of food sources, the differences were not statistically different by the Chi-square test. In the second experiment, the average rate of injuries in confrontations between individuals from nests near each other (up to 100 m) was significantly lower (39%) than from confrontations between individuals from nests separated by 200 to 500 m (50%). The highest injury rates occurred between termites from nests located more than 1000 m apart (> 59%).

## INTRODUÇÃO

*Nasutitermes corniger* (Motschulsky) é um cupim arborícola que pertence à família Termitidae. Estes isópteros possuem operárias pequenas e soldados de cabeça preta com fontanela bem destacada formando um naso proeminente.

Os ninhos de forma esférica ou elipsoidal são facilmente observados em árvores e postes em quase todos os estados do Brasil (Noirot, 1970; Constantino, 1991). Apesar de ser uma espécie predominantemente de ambientes naturais, nas últimas décadas houve um aumento crescente dos registros desta espécie ocasionando danos em residências e adquirindo muitas vezes o “status” de praga urbana (Pizano e Fontes, 1986; Mill, 1991). Alguns autores sugerem que isto pode ser consequência da expansão urbana acelerada que invadiu *habitat* destes cupins provocando mudanças comportamentais que levaram estes a se adaptar ao forrageamento em edificações e residências urbanas (Lelis, 2001).

Em bairros periféricos da cidade de Belém, a taxa de infestação de cupins do gênero *Nasutitermes* é próxima a 100 por cento em casas com mais de 10 anos. A preferência deste gênero por áreas arborizadas faz prédios rodeados de árvores mais suscetíveis a ataques (Bandeira et al., 1998), nestes

casos os ninhos podem ser encontrados sobre as árvores; todavia, também dentro das residências, em edículas e em pontos altos das edificações como forros e sótãos (Fontes, 1995).

Os cupins forrageiam intensamente em territórios previamente explorados. Nesse processo participam tanto operários quanto soldados e ficam vulneráveis a competidores (Korb e Lenz, 2004). Os cupins podem defender seu território de forrageamento contra competidores da espécie mediante diversas manifestações do comportamento agonístico (Grace, 1996).

A intensidade da resposta agonística pode variar de acordo com a espécie, colônia, e casta envolvida e está influenciada também por fatores abióticos (Springhetti e Sapigni, 1990; Thorne e Haverty, 1991). Em *N. corniger* as trilhas que conectam o ninho às fontes de alimento estão geralmente protegidas por galerias ou túneis que garantem proteção contra predadores e a expansão de área explorada tornando-se uma área territorial (Costa-Leonardo, 2002). Estudos orientados a entender como se desenvolvem as relações intraespecíficas no gênero *Nasutitermes* quando colônias compartilham áreas de exploração de recurso são raros. Somente em *N. princeps* foram analisadas as relações antagônicas entre colônias vizinhas (Roisin et al., 1987).

Neste trabalho analisou-se o comportamento de territorialidade e a tolerância homoespecífica de *N. corniger* mediante realização de testes individuais e coletivos em situações de competição com variações quanto à disponibilidade de fontes de alimento e ao grau de proximidade geográfica dos ninhos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Cupins

Colônias adultas de *N. corniger* com presença de alados foram coletadas no município de Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro e transportadas a uma sala do laboratório de entomologia e fitopatologia (LEF) do

CCTA (UENF) mantida a  $27\pm 5$  °C,  $85\pm 10$  % e 10:14 horas de fotoperíodo. As colônias foram instalados em cubas de vidro (50x40x60 cm de altura) sobre uma camada de 10 cm de areia esterilizada umedecida conectadas por meio de um tubo de silicone ( $\varnothing=8$  mm) a uma arena de forrageamento (50x50x5 cm de altura) feita em vidro. As arenas foram apoiadas sobre tubos de PVC (20 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro) localizados dentro de uma bandeja de plástico contendo água com detergente para evitar a fuga dos cupins (Gazal et al., 2012). Madeira de *Pinus* sp. umedecida foi colocada na arena como alimento.

### **Experimento 1: Territorialidade**

Dois ninhos de *N. corniger* foram conectados a uma mesma arena ou a duas arenas de forrageamento conectadas entre si. Os cupins foram submetidos a quatro situações experimentais nas quais se modificou o número de arenas de forrageamento e número de fontes de alimento (peças de madeira de *Eucalyptos grandis* de 5x2x2 cm) oferecidas nas arenas. Os tratamentos foram os seguintes: (1) uma arena com duas fontes de alimento, (2) duas arenas com uma fonte de alimento cada uma; (3) duas arenas com uma fonte de alimento em uma e duas na outra; (4) duas arenas com duas fontes de alimento em cada uma (Figura 1.)

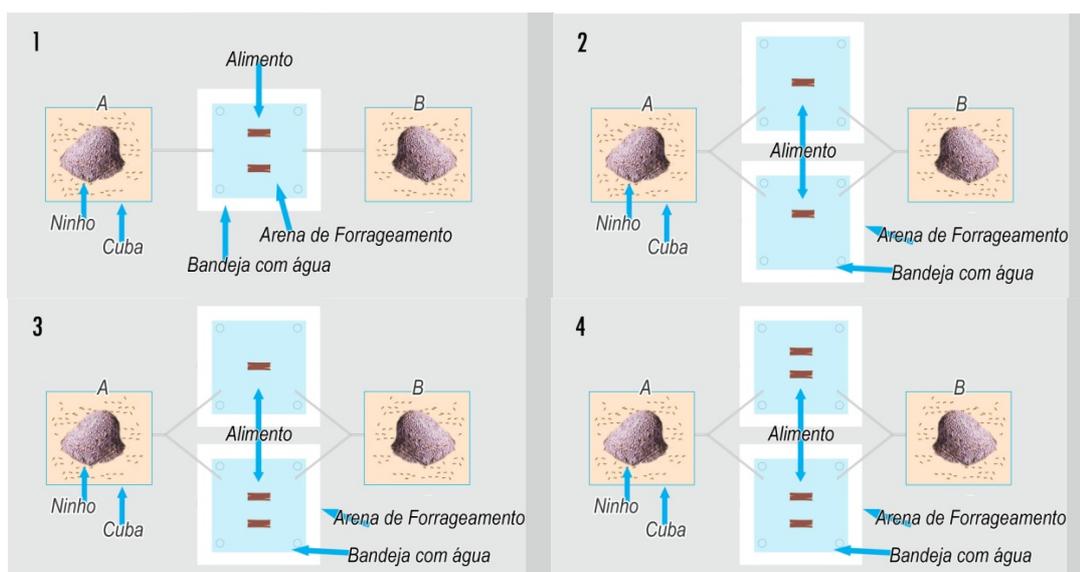


Figura 1. Situações experimentais em que se modificou a disponibilidade de áreas de forrageamento e de fontes de alimento para ninhos de *Nasutitermes corniger*. Tratamentos:(1) uma arena com duas fontes de alimento; (2) duas arenas com duas fontes de alimento; (3) duas arenas com três fontes de alimento; (4) duas arenas com quatro fontes de alimento.

O comportamento dos cupins na arena de forrageamento foi observado durante 48 horas e foram considerados dos três tipos de resposta comportamental: 1) Comportamento anagnóstico (ausência de comportamentos agressivos entre cupins heterocoloniais); 2) Comportamento anagnóstico ocasional: ocorrência de ataques em alguns locais da arena mas, com extinção gradual dos ataques; 3) Comportamento anagnóstico generalizado: ocorrência de ataques no momento de contato entre heterocoloniais que tendem a se generalizar a toda a população de indivíduos na arena.

Os testes com uma arena e duas fontes de alimento foram repetidos vinte vezes com distintas colônias. Com o intuito de analisar se as respostas agressivas das colônias são persistentes independente da colônia confrontada os testes com duas arenas foram realizados com apenas seis ninhos (A, B, C, D, E e F), mas estes foram sucessivamente confrontados entre si até obter 15 repetições (AxB, Ax C, Ax D, Ax E, Ax F, BxC, BxD, BxE, BxF, CxD, CxE, CxF, DxE, DxF e ExF). A proporção de testes com ocorrência de comportamentos

anagonístico/comportamentos anagonístico foi comparada entre tratamentos mediante teste de qui-quadrado.

## **Experimento 2: Distância entre ninhos e tolerância intraespecífica**

Operários de *N. corniger* foram retirados de ninhos localizados em áreas rurais do Norte Fluminense. Os indivíduos foram colocados em tubos “Duran” e transportados em caixa térmica ao laboratório.

No laboratório operários de duas colônias foram liberados simultaneamente em uma placa de Petri e após 24 h foi avaliada a intensidade de injúrias sofridas pelos cupins. Nos confrontos foram colocados 10 indivíduos de cada colônia. Dez estruturas morfológicas foram observadas: antenas (2), cabeça (1), tórax e abdome (1) e pernas (6). Considerando que as 10 estruturas injuriadas nos 20 indivíduos representaram um total de 100% de injúrias possíveis no teste, cada estrutura injuriada representou 0,5% de injúrias (Thorne, 1982).

Os confrontos realizados foram entre cupins de ninhos distanciados: 1) a menos de 100 m, ou 2) entre 200 e 500 m, 3) 1.000 e 1500 m ou 4) maiores de 5.000 m. No teste controle 10 indivíduos foram confrontados a outros dez indivíduos da mesma colônia (Figura 2). Os testes foram repetidos 20 vezes. No teste até 100 m, cupins de sete colônias foram confrontados entre si; e nos outros testes, cada uma de três colônias foi confrontada com outras sete colônias

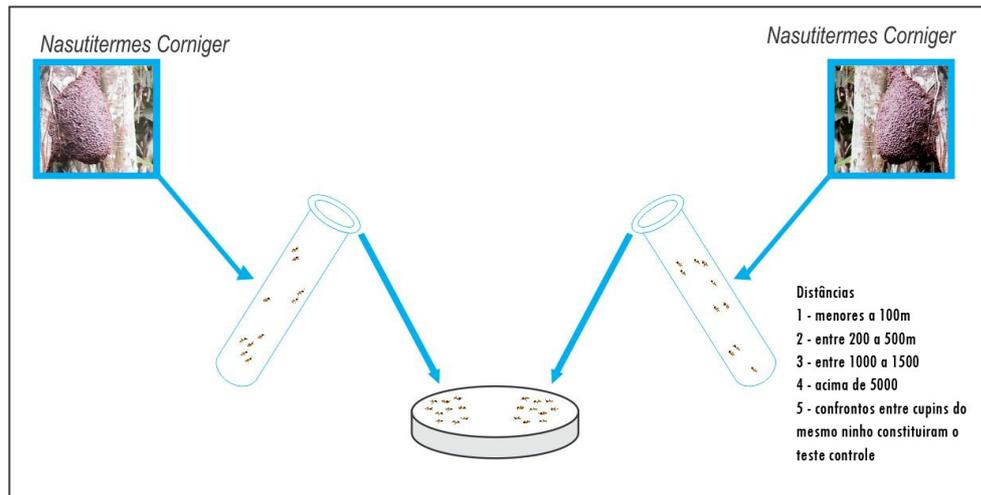


Figura 2. Confronto entre operários de *N. corniger* provenientes de ninhos localizados a distâncias: (1) menores a 100 m, ou (2) entre 200 e 500 m, ou (3) ter entre 1000 e 1500 m ou (4) acima de 5000 m. Confrontos entre indivíduos da mesma colônia constituíram o teste controle (5).

## RESULTADOS

### Experimento 1: Territorialidade

De maneira geral em todos os tratamentos houve uma alta porcentagem de testes com respostas de agressividade generalizada

Nos testes realizados com uma arena de forrageamento constatou-se que minutos depois de acontecer o encontro de indivíduos heterocoloniais houve uma crescente agressividade intercolonial. Em todos os casos, onde os testes não foram interrompidos (10 confrontos) houve alta mortalidade de indivíduos, que culminou com a invasão e até destruição de um dos ninhos. Por esse motivo quando nos testes foi verificada agressividade crescente na arena de forrageamento (ou na fonte de alimento ou na trilha) envolvendo centenas de indivíduos nos confrontos os testes foram interrompidos e a resposta foi considerada de tipo 3 (comportamento anagnóstico generalizado).

Independente do tratamento ao qual foram submetidos os cupins a ocorrência de comportamento anagnóstico entre indivíduos heterocoloniais derivou sempre em comportamento anagnóstico generalizado. Deste modo nao foi registrado nenhum caso de resposta agnóstica ocasional (tipo 2).

Nos testes nos quais os cupins compartilharam uma arena de forrageamento com duas fontes de alimento ocorreu agressividade generalizada em 100% dos testes. A resposta agnóstica nesse teste não diferiu do tratamento com duas arenas e duas fontes (87%), teste  $\chi^2=2,83$ ; d.f.=1; p=0,09, mas foi significativamente superior à observada no tratamento com três fontes e quatro fontes de alimento (73%, teste  $\chi^2=28,94$ ; d.f.=1; p<0,001, Figura 3).

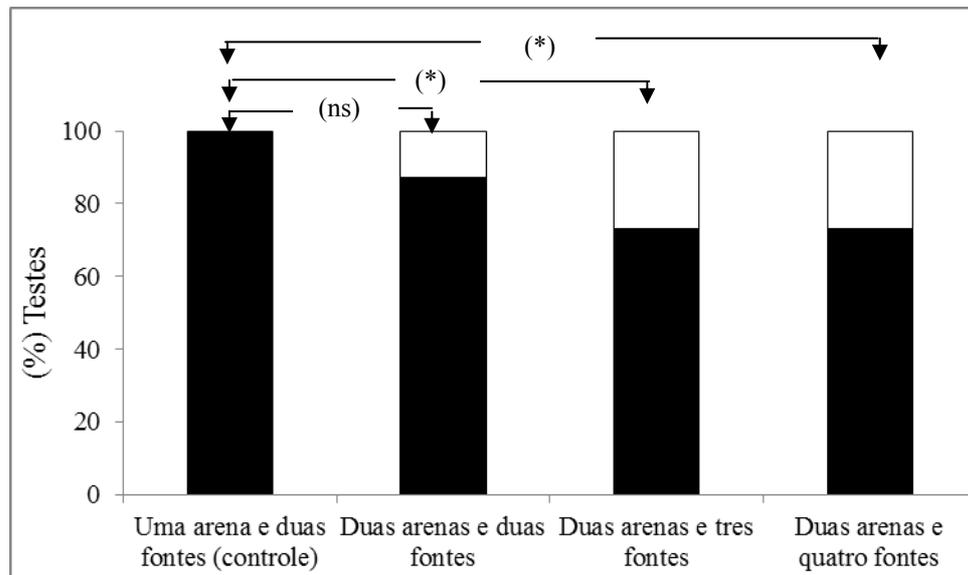


Figura 3. Porcentagem de testes nos quais houve resposta agressiva (■) e tolerância intercolonial (□) (n=20). Tratamentos: 1. Uma arena e duas fontes de alimento 2. Duas arenas com duas fontes de alimentos 3. Duas arenas e três fontes de alimentos 4. Duas arenas e quatro fontes de alimentos (n=15). (\*) Diferença significativa e (ns) não significativa pelo teste  $\chi^2$ , p<0,05.

Ao analisar a resposta individual das colônias nos confrontos nos quais as colônias de cupins compartilharam duas arenas (Tabela 1), constata-se que

algumas colônias foram tolerantes em sucessivos testes com as mesmas colônias (B com C; D com E e F), indicando uma tolerância estável com colônias específicas, mas houve agressividade generalizada nos confrontos com as outras colônias nos sucessivos testes.

Tabela 1. Resposta comportamental de cupins nos distintos confrontos heterocoloniais nos quais ninhos de *Nasutitermes corniger* compartilharam duas arenas de forrageamento e 2, 3 ou 4 fontes de alimento. 1. Comportamento agonístico generalizado, 0. Comportamento anagonístico (tolerância intercolonial).

Fontes de alimento	Confrontos entre colônias														
	AxB	AxC	AxD	AxE	AxF	BxC	BxD	BxE	BxF	CxD	CxE	CxF	DxE	DxF	ExF
Duas	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Três	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Quatro	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0

## Experimento 2: Distância entre ninhos e tolerância intraespecífica

A taxa de injúrias diferiu significativamente nos confrontos de cupins de ninhos situados em diferentes distâncias. Indivíduos de colônias distantes a mais de 1000 m e 5000 m tiveram taxas de injúrias significativamente maiores (59% e 61%, respectivamente) que os de ninhos distantes de 200 a 500 m (50%) ou a menos de 100 m (39%) ( $F_{4,65} = 14,9$ ,  $p < 0,001$ , Figura 4). No teste de confronto com indivíduos homocoloniais (controle) não houve injúrias. Apesar da taxa de injurias ser maior nos confrontos de indivíduos de ninhos com distâncias maiores a porcentagem de casos com tolerâncias heterocolonial (0% injurias) foi mais alta nestes tratamentos (20 % e 15 % nos tratamentos de >5000 m e 1000 m a 1500 m vs 5% nos tratamentos com distâncias menores).

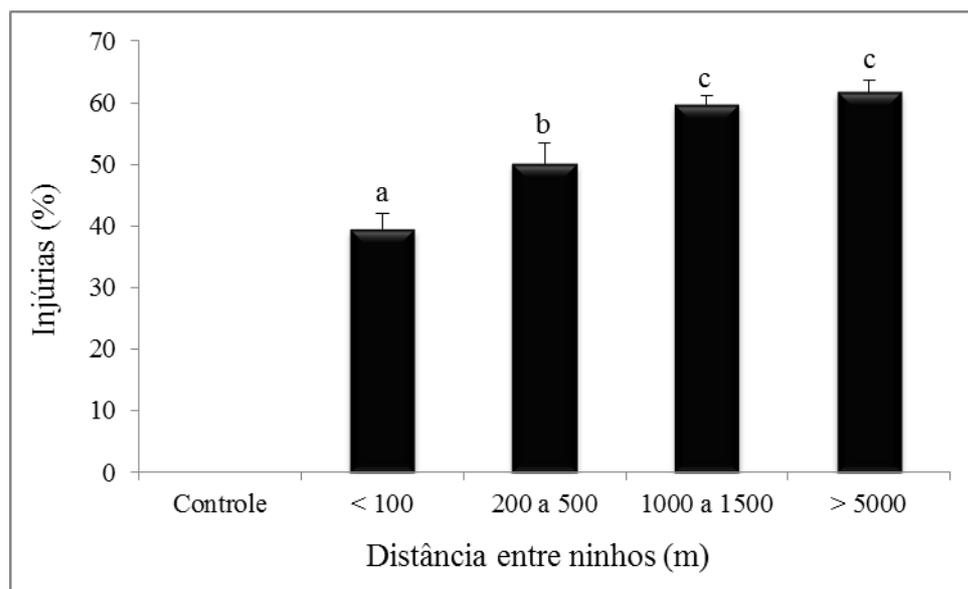


Figura 4. Porcentagem de injúrias em operários de *N. corniger* quando confrontados com indivíduos do mesmo ninho (controle) ou de ninhos situados a 1. menos de 100 m, 2. entre 200 a 500 m, 3. entre 1000 a 1500 m e 4. acima de 5000 m. Letras distintas indicam diferença significativa no teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

## DISCUSSÃO

Em cupins o comportamento agonístico é considerado invariável quando confrontos ocorrem com indivíduos de outras colônias. Por esse motivo esta resposta comportamental pode ser utilizada para determinar território de forrageamento de colônias (Jones, 1990; Thorne e Haverty, 1991; Getty et al., 2000). A discriminação de companheiros de ninho é determinada pelos mecanismos de reconhecimento parental ( Jones, 1993; Delaplane, 2003). Em espécies do gênero *Nasutitermes*, observa-se forte resposta agonística frente a heterocoloniais homoespecíficos (Thorne e Havery, 1991; LePonce et al., 1996; Kaib et al., 2002). Esta resposta foi verificada em *N. corniger* na qual se

observou que independente da quantidade de áreas de forrageamento e de fontes de alimento disponível, ocorre agressão generalizada em mais do 70 % dos testes.

Entretanto, a probabilidade de tolerância heterocolonial parece aumentar com o aumento do número de arenas e fontes de alimento disponível. Quando os cupins compartilharam mais de uma arena mais de 20 % dos confrontos ocorreram sem manifestações de agressividade. Nesses casos ocorreu exploração das fontes de alimento em simultâneo por cupins de ambos os ninhos, sem ocorrência de resposta agonística. Essas respostas anagônicas ocorreram independentemente da situação experimental para um mesmo par de colônias confrontadas. Isto indica que esta resposta não é aleatória.

No experimento de territorialidade onde indivíduos foram confrontados em placa de Petri houve também casos de tolerância heterocolonial com 0% de taxas de injúrias em todos os tratamentos. Entretanto ao contrário ao esperado, a probabilidade de ocorrência de tolerância homoespecífica foi maior nos tratamentos com taxa média de injúrias maior (maiores distâncias entre ninhos). O fenômeno de tolerância intercolonial homoespecífica já foi constatado em outras espécies como *Reticulitermes flavipes*. Neste caso, colônias de diferentes áreas geográficas também não manifestaram comportamento agonístico (Grace, 1996; Bulmer e Traniello, 200).

As causas que determinam a tolerância homoespecífica em *N. corniger* podem ser diversas, mas o aumento da taxa de injúrias entre indivíduos de ninhos mais distantes sugere que um fator ambiental pode ser a principal causa dessa resposta dos cupins. Em alguns insetos sociais o reconhecimento parental depende do reconhecimento do perfil de hidrocarbonetos cuticulares presentes na epicutícula (Batista-Pereira et al, 2004). Em cupins misturas de hidrocarbonetos cobrem a cutícula (Kaib et al., 2002), portanto é provável que estes insetos usem o mesmo mecanismo de reconhecimento de indivíduos da sociedade (Kaib et al, 2004). Diferenças no perfil químico poderiam ser a causa da agressividade intercolonial. Em cupins após contato antenal, o perfil de hidrocarbonetos cuticular de um indivíduo é verificado e se difere do característico dos indivíduos da colônia onde ocorre a liberação do feromônio de alarme desencadeando o comportamento agressivo da colônia (Haverty e Thorne, 1989). Em insetos sociais dietas comuns podem caracterizar perfis

químicos cuticulares similares (Buczowski et al, 2005), deste modo a resposta agonística poderia ser menos intensa entre cupins que compartilham o mesmo ambiente.

Ademais, os ambientes naturais são bem heterogêneos, principalmente porque diferentes espécies de árvores encontra-se em pequenas áreas do mesmo habitat. Dietas diferentes no mesmo ambiente podem determinar diferença significativa no perfil químico das colônias mas, com algumas similaridades que poderiam atuar como indicadores chave de um competidor intraespecífico pelo mesmo recurso alimentar (Shelton e Grace, 1997; Matsuura, 2001). Portanto, odores específicos de cada colônia podem ser determinantes no reconhecimento de heterocoloniais (Jeyasingh e Fuller, 2004), mas similaridades no perfil químico podem ser determinantes na diminuição de resposta agonística que reduzem as taxas de injúrias. Ninhos distantes devido a uma dieta distinta poderiam ter perfis químicos tão diferentes que não chegam a ser reconhecidos como homoespecíficos. Isto, poderia explicar o maior número de casos de tolerância com exploração simultânea de recursos.

Outro fator que pode ser determinante na ocorrência de territorialidade e tolerância homoespecífica é a proximidade genética. Indivíduos de ninhos próximos têm provavelmente um maior compartilhamento de gens. A maior similaridade genética poderia confundir os mecanismos de discriminação de intrusos e assim reduzir as taxas de injúrias nos confrontos de heterocoloniais geograficamente próximos (Gush, 1981).

## CONCLUSÕES

- *N. corniger* manifestou comportamento agonístico intenso em confrontos com colônias homoespecíficas evidenciando um forte comportamento de territorialidade;

- O aumento de fontes de alimento e arenas de forrageamento disponível parece aumentar a probabilidade de ocorrência de tolerância entre colônias homoespecíficas;
- O aumento da distância entre colônias incrementou a intensidade das respostas agonísticas mas, simultaneamente aumentou a probabilidade de ocorrência de tolerância heterocolonial;
- Dieta alimentar e proximidade genética das colônias podem ser os fatores que participam do mecanismo que regula o comportamento territorial de *N. corniger*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bandeira, A.G., Miranda, C.S., Vasconcellos, A. (1998) Danos causados por cupins em João Pessoa, Paraíba - Brasil. *In: Fontes, L.R., Berti Filho, E. (eds) Cupins: O desafio do conhecimento*. Piracicaba: FEALQ, p. 75-85.
- Batista-Pereira, L.G., Santos, M. G. dos, Corrêa, A.G., Fernandes, J. B., Arab, A., Costa-Leonardo, A. M., Camargo-Dietrich, C. R. R., Pereira, D. A., Bueno, O. C. (2004) Cuticular Hydrocarbons of *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae): Analyses and Electrophysiological Studies. *Z. Naturforsch. Sect. C J. Biosci.*, 59: 135-139.
- Bulmer, M.S., Traniello, J.F.A. (2002) Lack of aggression and spatial association of colony members in *Reticulitermes flavipes*. *J. Insect Beh.*, 15: 121-126.
- Buczkowski, G., Kumar, R., Suib, S.L., Silverman, J. (2005) Diet-related modification of cuticular hydrocarbon profiles of the argentine ant, *Linepithema humile*, diminishes intercolony aggression. *J. Chemical Ecol.*, 31: 829-843.
- Constantino, R. (1991) Termites (Isoptera) from the lower Japurá River, Amazonas State, Brazil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia*, Belém, 7: 189-224.
- Costa-Leonardo, A.M. (2002) *Cupins-Praga: morfologia, biologia e controle*. Rio Claro: Divisa, 128p.
- Delaplane, K.S. (2003) Tests for intraspecific agonism in Louisiana population of *Coptotermes Formosanus* (Isoptera:Rhinotermitidae) in New Orleans, Louisiana. *Environ. Entomol.*, 32: 1002-1009.

- Fontes, L.R. (1995) Cupins em áreas urbanas. *In*: Berti Filho, E., Fontes, L.R. (eds) *Alguns Aspectos Atuais da Biologia e Controle de Cupins*. Piracicaba: FEALQ, p. 57-76.
- Gazal, V., Bailez, O., Viana-Bailez, A. M., Aguiar-Menezes, E.L., Menezes, E.B. (2012) Decayed Wood Affecting the Attraction of the Pest Arboreum Termite *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae) to Resource Foods. *Sociobiology*, 59: 287-295.
- Getty, G.M., Haverty, M.I., Copren, K.A., Lewis, V.R. (2000) Response of *Reticulitermes* spp. (Isoptera: Rhinotermitidae) in northern California to baiting with hexaflumuron with sentricon termite colony elimination system. *J. Econ. Entomol.*, 93: 1498-1507.
- Grace, J.K. (1996) Absence of overt agonistic behavior in a northern population of *Reticulitermes favipes* (Isoptera:Rhinotermitidae). *Sociobiology*, 28: 103-110.
- Gush, T. 1981. Agonistic behavior of termites. *Organization for Tropical Studies*. 3: 362-366.
- Haverty, M.I., Thorne, B.L. (1989) Agonistic behavior correlated with hydrocarbon phenotypes in dampwood termites, *Zootermopsis* (Isoptera: Termopsidae). *J. Insect Beh.*, 2: 523-543.
- Jander, R., Daumer, K. (1974) Guide-line and gravity orientation of blind termites foraging in the open (Termitidae: Macrotermes, Hospitalitermes). *Insectes Soc.*, 21: 45-69.
- Jeyasingh, P., Fuller, C.A. (2004) Habitat-specific life-history variation in the Caribbean termite *Nasutitermes acajutlae* (Isoptera: Termitidae). *Ecol. Entomol.*, 29: 606-613.
- Jones, S.C. (1990) Delineation of *Heterotermes aureus* (Isoptera: Rhinotermitidae) foraging territories in a sonoran desert grassland. *Environ. Entomol.* 19: 1047-1054.
- Jones, S.C. (1993) Field observations of intercolony aggression and territory changes in *Heterotermes aureus* (Isoptera:Rhinotermitidae). *J. Insect Beh.* 6: 225-235.
- Kaib, M., Francke, S., Francke, W., Brandl, R. (2002) Cuticular hydrocarbons in a termite: phenotypes and a neighbour-stranger effect. *Physiol. Entomol.* 27: 189-198.
- Kaib M, Jmhasly P, Wilfert L, Durka W, Franke S, Francke W, Leuthold R H, Brandl R (2004) Cuticular hydrocarbons and aggression in the termite *Macrotermes subhyalinus*. *J Chem Ecol* 30: 365-385.

- Korb, J., Lenz, M. (2004) Reproductive decision-making in the termite, *Cryptotermes secundus* (Kalotermitidae), under variable food conditions. *Behav. Ecol.*, 15: 309-395.
- Lelis, A.T. (2001) Manual de biodeterioração de madeiras em edificações. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), São Paulo, 54p.
- Leponce, M., Roisin, Y., Pasteels, J.M. (1996) Intraspecific interaction in a community of arboreal nesting termites (Isoptera: Termitidae). *J. Insect Behav.*, 9: 799-818.
- Matsuura K (2001) Nestmate recognition mediated by intestinal bacteria in a termite, *Reticulitermes speratus*. *Oikos*, 92: 20-26.
- Mill, A.E. (1991) Termites as structural pests in Amazonia, Brazil. *Sociobiology*, 18: 339-348.
- Noirot, C. (1970) The nests of termites. In: Krishna, K.; Weesner, F. M. (eds). *Biology of Termites*, New York and London: Academic Press, p. 73-125.
- Pizano, M.A., Fontes, L.R. (1986) Ocorrência de *Heterotermestenuis* (Hagen, 1858) e *H. longiceps* (Snyder, 1924) (Isoptera, Rhinotermitidae) atacando cana-de-açúcar no Brasil. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 104 (3/4): 29.
- Roisin, Y., Pasteels, J.M., Braekman, J.C. (1987) Soldier diterpene patterns in relation with aggressive behaviour, spatial distribution and reproduction of colonies in *Nasutitermes princeps*. *Biochem. Syst. Ecol.*, 15: 253-261.
- Shelton, T.G., Grace, J. K. (1997) Suggestion of an environmental influence on intercolony agonism of *Formosan subterranean* termites (Isoptera: Rhinotermitidae). *Environ. Entomol.* 26: 632-637.
- Sprngiietti, A., Sapigni, T. (1990) Trophalaxis between *Reticulitermes lucifugus* and *Kaloterms flavicollis* (Isoptera). *Sociobiology*, 17: 245-258.
- Su, N-Y., Scheffrahn, R.H. (1988) Foraging population and territory of the *Formosan subterranean* termites (Isoptera; Rhinotermitidae) in an urban environment. *Sociobiology*, 14: 353-359.
- Thorne, B.L. (1982) Polygyny in termites: multiple primary queens in colonies of *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) (Isoptera: Termitidae). *Insectes Soc.* 29: 102-117.
- Thorne, B., Haverty, M. (1991) A review of Intracolony, Intraspecific and Interspecific Agonism in Termites. *Sociobiology*, 19: 115-145.

### 3.3. ESTRATÉGIA DE ACESSO À FONTE ALIMENTAR NO CUPIM *Nasutitermes corniger* (ISOPTERA, TERMITIDAE)

#### RESUMO

Neste trabalho avaliou-se *N. corniger* adota estratégias preferenciais de acesso ao alimento em função dos obstáculos existentes entre o ninho e a fonte alimentar. Ninhos de *N. corniger* (n=20) foram conectados a um dispositivo de vidro com três compartimentos contendo: 1) Uma barreira vertical; 2) Uma barreira sólida (areia úmida compactada); ou 3) Uma passagem livre sem obstáculos (controle). Os testes tiveram início quando os cupins acessaram um dos compartimentos. O fluxo de cupins em cada compartimento foi quantificado a cada 12 h, durante 72 horas. Em todos os testes, os cupins chegaram ao alimento atravessando os três compartimentos. O fluxo de cupins atravessando o compartimento com barreira vertical ( $19,3 \pm 2,3$ ) foi menor do que na barreira sólida ( $27,3 \pm 3,44$ ) e do que no livre de obstáculos ( $28,0 \pm 3,14$ ) ( $F_{2,300}=9,22$ ;  $p<0,05$ ). *N. corniger* pode utilizar simultaneamente diversas vias de acesso a uma fonte alimentar quando alguma destas exigem maior investimento energético para explorar a fonte. Entretanto, uma preferência que se expressa em um fluxo de cupins mais intenso se estabelece nas vias que demandam um gasto energético menor para explorar a fonte de alimento.

### 3.3.1. FORAGING STRATEGY OF THE TERMITE *Nasutitermes corniger* (ISOPTERA, TERMITIDAE)

#### ABSTRACT

In this work we evaluated whether *N. corniger* adopts preferential food access strategies in function of obstacles between the nest and food source. *N. corniger* nests (n=20) were connected to three closed glass compartments with: 1) a vertical barrier (20 ceramic tiles measuring 5x20x1 cm arranged vertically); or 2) a solid barrier (moist compacted sand); or 3) a free passage, no obstacles (control). The tests started when the termites accessed one of the compartments. The flow of termites in each compartment was quantified every 12 h for 72 hours. In all the tests, the termites used three compartments to reach the food. The flow of termites to the compartment reached by passing over the vertical barrier ( $19.3 \pm 2.3$ ) was lower than for with the solid barrier ( $27.3 \pm 3.44$ ) and the compartment without obstacles ( $28.0 \pm 3.14$ ) ( $F_{2,300}=9,22$ ;  $p < 0.05$ ). Therefore, the strategy to explore food sources in *N. corniger* is to use simultaneously different ways to access even though some of them are energetically less efficient. However, a preference is expressed by a higher flux of termites in the way energetically less expensive.

## INTRODUÇÃO

O forrageamento é um processo pelo qual indivíduos exploram uma área a procura de um recurso (Aikio, 2004). Em cupins, o forrageamento pode ser realizado sobre a superfície do solo, ou através de galerias subterrâneas ou túneis sob o solo ou dentro de ramos e troncos de árvores (Miura e Matsumoto, 1998; Costa-Leonardo, 2002; Casarin et al, 2008). No gênero *Nasutitermes* a maioria das espécies constrói redes de trilhas ou galerias que conectam o ninho com distintas áreas da planta sobre a qual o ninho foi construído (Thorne e Haverty, 2000).

O cupim *Nasutitermes corniger* é uma espécie abundante em áreas de vegetação natural, mas nos últimos anos tem sido relatada a sua ocorrência em “status” de praga infestando árvores próximas a edificações de áreas urbanas e danificando estruturas e mobiliários de residências em diversos estados do Brasil (Mill, 1991; Bandeira et al., 1998; Costa-Leonardo, 2002; Silva, 2008). Nestes casos, os cupins constroem trilhas que atacam estruturas e mobiliários de residências próximas, sendo comuns infestações que se iniciam debaixo de pisos ou no interior das paredes, especialmente no interior de conduítes elétricos e fissuras (Milano e Fontes, 2002). Para acessar as fontes de alimento esses cupins devem atravessar uma série de obstáculos físicos adotando estratégias diferentes nas distintas situações (Martius, 1994; Costa Leonardo, 2002). Desconhece-se quais fatores determinam o uso de uma ou outra via; no entanto, o tipo de obstáculo entre a fonte de alimento e o ninho poderia ter um papel preponderante, visto que nesse trajeto o térmita deve procurar um equilíbrio diminuindo as perdas de água e os riscos de predação, e aumentando o ganho energético para a colônia (Launchbaugh, 1996).

O manejo de cupins visando à redução de danos exige essencialmente interromper ou reduzir o acesso destes às fontes celulósicas existente nas edificações (Forschler, 1998). Entender os fatores que regulam os mecanismos envolvidos no processo de localização e exploração da fonte alimentar é um dos aspectos essenciais para avaliar o nível de riscos desta espécie como praga urbana e para desenvolver técnicas de manejo ecologicamente corretas.

Neste trabalho procuramos estabelecer se *N. corniger* adota estratégias preferenciais de acesso a fonte de alimento em função de diferentes obstáculos físicos que podem dificultar o seu acesso a uma fonte de alimento.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Cupins

Colônias adultas de *N. corniger* com presença de alados foram coletadas no município de Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro e transportadas a uma sala do laboratório de entomologia e fitopatologia (LEF) do CCTA (UENF) mantida a  $27\pm 5$  °C,  $85\pm 10$  % e 10:14 horas de fotoperíodo. Os ninhos foram instalados em cubas de vidro (50x40x60 cm de altura) sobre uma camada de 10 cm de areia esterilizada umedecida. Cada colônia foi conectada a uma arena de forrageamento constituída por uma bandeja de vidro (50x50x5 cm de altura) por meio de um tubo de silicone de 8 mm de diâmetro. A arena de forrageamento foi apoiada sobre tubos de PVC (20 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro), localizados dentro de uma bandeja de plástico contendo água com detergente para evitar a fuga de cupins (Gazal et al., 2012). Pedacos de madeira de *Pinus* sp. foram umedecidos com água e colocados na arena de forrageamento como alimento.

### Bioensaio

Ninhos mantidos em laboratório (n=20) tiveram o acesso a arena de forrageamento interrompido durante alguns minutos e imediatamente foi interposto entre o ninho e a arena um dispositivo de vidro (20x5x 15 cm de profundidade) conectado a três compartimentos independentes de 7x30x22 cm de altura também feitos em vidro (Fig. 1).

Para acessar a arena os indivíduos atravessaram o dispositivo e escolheram um dos três compartimentos: a) Uma barreira vertical, elaborada com 20 rampas dispostas de pares em forma sucessiva com 2 cm de

espaçamento (placas de cerâmica de 5x20x1 cm de espessura; ou b) Uma barreira sólida (areia compactada em todos os espaços do compartimento); ou c) Uma passagem livre, sem obstáculos (controle). A saída de cada compartimento esteve conectada por meio de um tubo de silicone ( $\varnothing=5$  mm, 12 cm de comprimento) a uma rampa de vidro situadas na arena de forrageamento, o extremo de cada uma das rampas esteve equidistante a 3 cm de uma peça de madeira (5x2x2 cm) de *Eucalyptus grandis* (Figura 1).

A posição dos três tipos de obstáculos no dispositivo foi aleatorizada a cada teste.

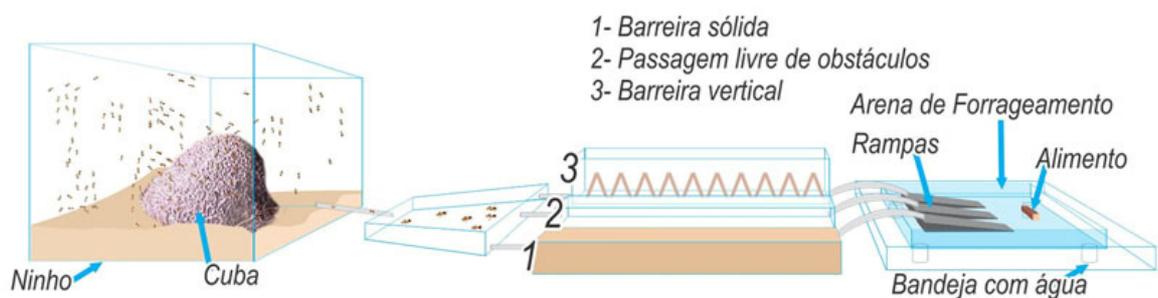


Figura 1. Dispositivo experimental com três compartimentos interposto entre o ninho de *Nasutitermes corniger* e arena de forrageamento. 1. Passagem com barreira sólida, (2) Passagem livre de obstáculos, (3) Passagem com barreira vertical.

Os testes foram iniciados às 9:00 horas após conectar o dispositivo entre o ninho e a arena de forrageamento. O tempo até a ocorrência do recrutamento massivo de operários foi registrado na rampa conectada a cada compartimento (Gazal et al., 2010). Fotografias foram tomadas da rampa de acesso a cada compartimento a intervalos de 12 h durante 72 h e o número de indivíduos que circulava por 20 cm de trilha foi quantificado. O teste foi repetido com 20 colônias. O tempo até ocorrência do recrutamento massivo e o número de

indivíduos atravessando os três compartimentos foram comparados mediante ANOVA.

## RESULTADOS

No início dos testes, os cupins atravessaram o dispositivo majoritariamente pela passagem livre e em segundo lugar pela passagem com barreira sólida. Os indivíduos demoraram um tempo maior até alcançar a fonte de alimento pela passagem com barreira vertical. No entanto, após 12 horas os cupins chegaram ao alimento através das três vias de acesso até o final dos testes.

Na passagem sem obstáculos (controle) o recrutamento massivo aconteceu após  $22,1 \pm 0,9$  min de teste. Na passagem com barreira sólida após  $44,7 \pm 2,0$  min e na passagem com barreira vertical após  $90,6 \pm 3,1$  min ( $F_{2,57}=246,7$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 2).

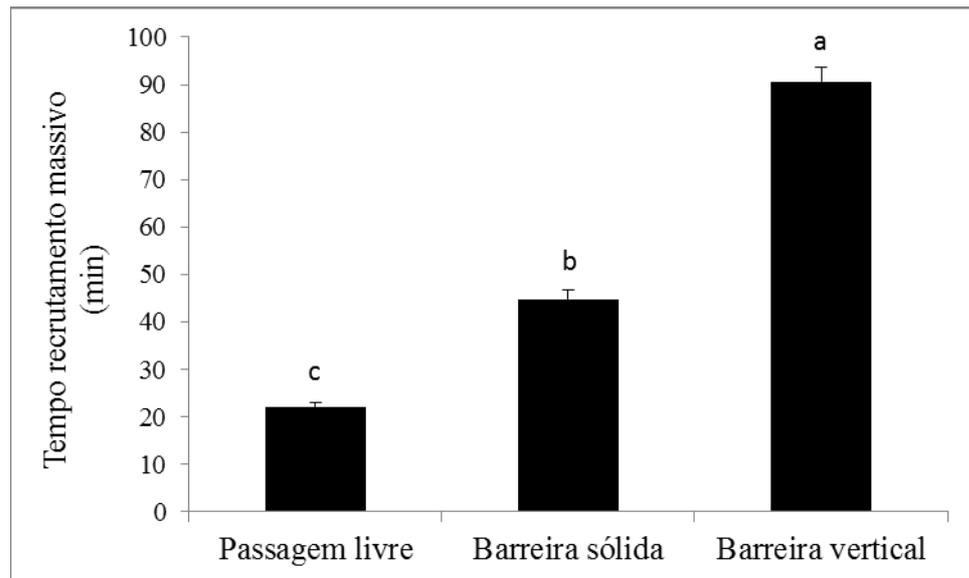


Figura 2. Tempo (min) transcorrido até desde o início do teste até ocorrência de recrutamento massivo de operárias no alimento acessado pela passagem: a). Livre de obstáculos b), com barreira sólida e c) com barreira vertical. Letras distintas indicam diferença significativa no Teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

O fluxo de indivíduos depois de 12 h do início dos testes foi de  $16,4 \pm 5,1$  indivíduos na passagem livre,  $17,9 \pm 6,0$  na passagem com barreira sólida, e  $11,2 \pm 4,1$  na passagem com barreira vertical. Ao final dos testes, 72 h depois do início, o fluxo de cupins foi de quase o dobro  $28,5 \pm 8,1$ ,  $31,5 \pm 12,0$  e  $22,3 \pm 6,2$ . A proporcionalidade dos valores nas três passagens se manteve sem alterar a hierarquia de fluxo ao longo do experimento ( $F_{10,342}=0,12$ ;  $p=0,99$ , Figura 3).

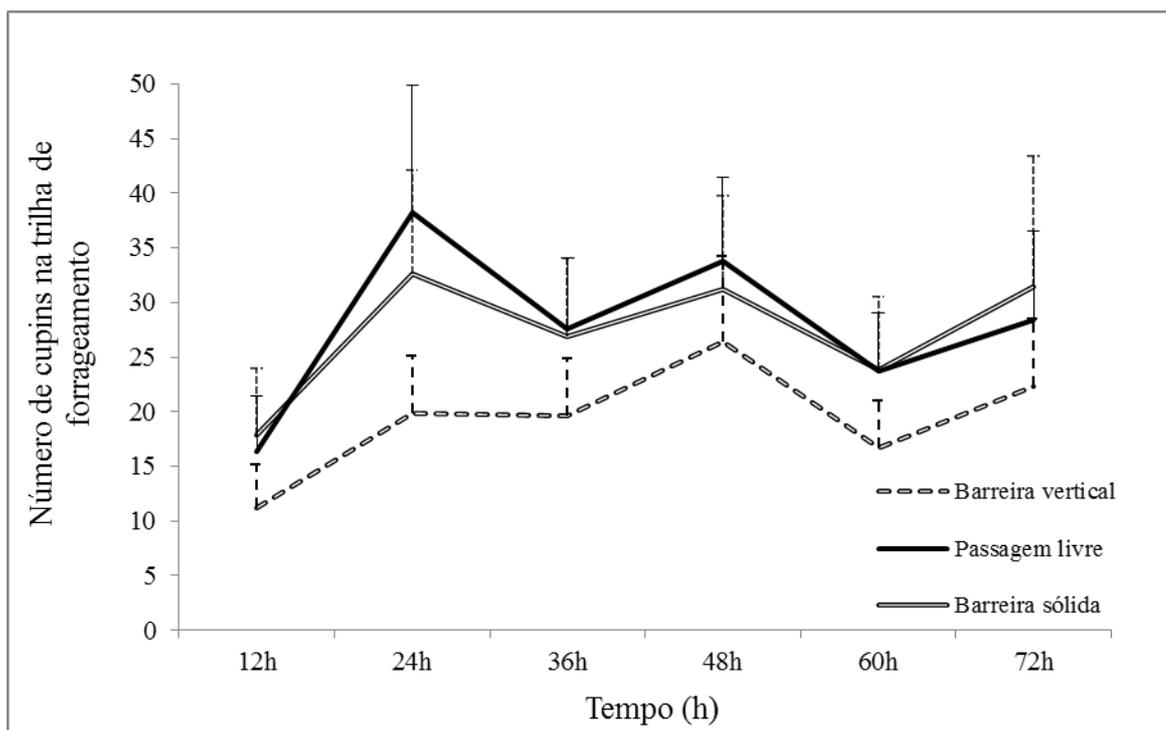


Figura 3. Número médio de cupins que circulavam por 20 cm de trilha da passagem: 1. Com barreira vertical, 2. Livre de obstáculos, e 3. Com barreira sólida registrados a cada 12 h. O início dos experimento foi as 9:00h e teve uma duração de 72h. O teste foi repetido com 20 ninhos de cupins *Nasutitermes corniger*.

O número médio de indivíduos passando pela trilha da passagem com barreira vertical foi menor ( $19,3 \pm 2,3$ ) que o número observado na passagem livre ( $28,0 \pm 3,14$ ) ou na passagem com barreira sólida ( $27,3 \pm 3,44$ ) ( $F_{2,300}=9,22$ ;  $p < 0,05$ , Figura 4).

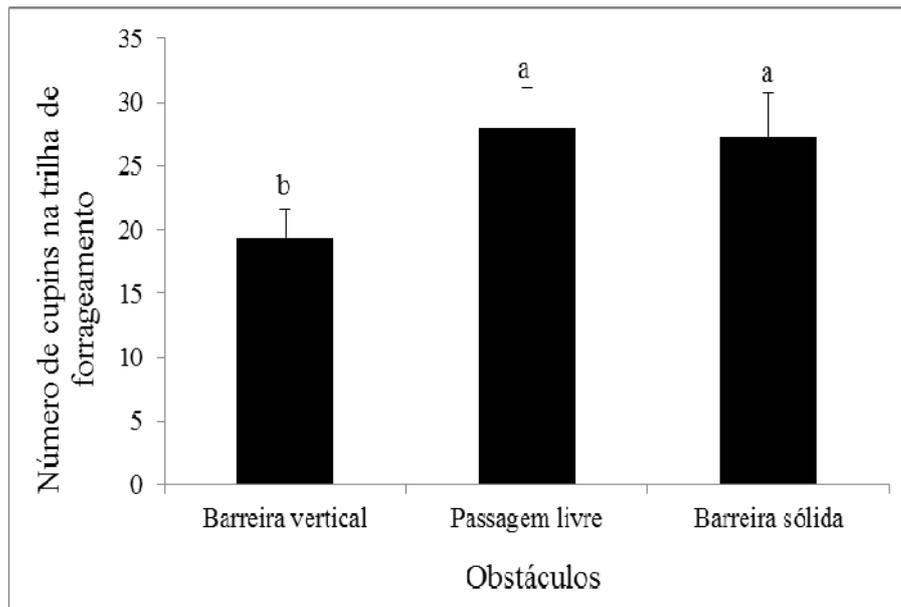


Figura 4. Número médio de indivíduos de *N. corniger* que circulavam por 20 cm de trilha das passagens a) com barreira vertical, b) Livre de obstáculos e c) Com barreira sólida. As observações foram realizadas a cada 12 h durante 72 horas (n= 20). Letras distintas indicam diferença significativa no Teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

## DISCUSSÃO

Os indivíduos chegaram à fonte de alimento pelas três passagens utilizadas no experimento. Uma evidência de que *N. corniger* pode explorar, simultaneamente, várias vias de acesso em novas áreas de forrageamento. Esta capacidade para contornar obstáculos de natureza variada tem sido constatada com frequência em cupins subterrâneos (Fontes e Araújo, 1999). No decorrer do ensaio, a passagem com barreira vertical foi a via menos utilizada. Quando comparada com a passagem livre a barreira vertical teve um fluxo de cupins 30 % menor. Este menor fluxo cupins pode ter sido consequência do maior esforço energético exigido para fazer acessar o alimento desde o ninho. Neste caso, os

cupins percorreram uma distância adicional de aproximadamente 4 metros (20 rampas de 20 centímetros de comprimento) em locomoção ascendente e descendente, o que representa um gasto energético adicional ao ser comparado com as outras vias de acesso. Aparentemente existe em *N. corniger* um mecanismo, muito comum em formigas e no cupim subterrâneo *Coptotermes formosanus* (Rhinotermitidae), que com o decorrer das horas tende a fazer prevalecer o uso de vias de acesso de menor custo energético (Su e Scheffrahn, 1988).

A barreira sólida resultou ser um obstáculo importante visto que os cupins demoram mais tempo para explorar a fonte de alimento por esta via ( $44,7 \pm 2,0$  vs  $22,1 \pm 0,9$  min pela passagem livre). O maior tempo requerido para os cupins encontrarem o recurso alimentar e iniciar a exploração surge como consequência, principalmente, da necessidade de remoção de substrato para construção das galerias de forrageamento. Esta tarefa, ademas de retrassar a detecção da nova fonte de alimento também demandou maior investimento energético. Entretanto, logo de estabelecida, esta via foi constantemente utilizada e com similar intensidade à passagem sem obstáculos o que se constata apenas 12 horas após do início dos testes quando os fluxos por estas duas vias são equivalentes. Deste modo, o custo energético adicional requerido para a construção de galerias e remoção de partículas do solo não afetou o número de cupins que chega ao alimento comparado com a passagem controle (Krebs, 1978). A possível explicação para este fenômeno é que de fato uma vez construídas as galerias na passagem com barreira sólida, esta via em termos de gasto energético e tempo de acesso resultaria similar à livre de obstáculos.

A manutenção da exploração através de via subterrânea, mesmo 20 minutos depois dos indivíduos terem detectada a fonte de alimento pela passagem livre indica que a exploração de novas áreas de forrageamento estaria regulada por um mecanismo independente da disponibilidade ou não de fontes de alimento. O fluxo de cupins pela passagem com barreira sólida foi similar à passagem livre depois de 12 horas e até o final dos testes. Túneis representam um meio importante de proteção contra eventuais predadores e de manutenção de um micro ambiente favorável para os cupins, pois ajudam a manter a temperatura e principalmente reduzem as perdas de água (Traniello, 1981; Costa-Leonardo, 2002). A utilização de túneis durante a exploração de

recurso ocorre em *Coptotermes formosanus* e aparentemente contribui a aumentar a eficiência de forrageamento mesmo que ocasione inicialmente um gasto energético adicional (Lee et al., 2006; 2007a; 2007b; 2009).

Em isoptera, o comportamento de forrageamento parece estar regulado pelos princípios da teoria do forrageamento ótimo (Hedlund e Henderson, 1999). Porém, *N. corniger* utilizou vias de acesso ao alimento que exigem um gasto energético maior, indicando que o comportamento de forrageamento nestes cupins não pode ser explicado totalmente em base de predições de índole exclusivamente energética.

Deste modo, verificou-se que durante o forrageamento *N. corniger* pode utilizar simultaneamente múltiplas vias de acesso ao alimento, mesmo quando algumas destas possuem obstáculos físicos que exigem maior investimento energético. Entretanto, vias que exigem um constante investimento energético adicional teriam em contrapartida um fluxo menor de forrageadores. A compreensão dos mecanismos de detecção de fontes de alimento em cupins, assim como das estratégias de acesso ao recurso são fatores importantes no desenvolvimento de técnicas de manejo de cupins (Jurd e Manners 1980; González-Coloma et al., 1994). Os forrageadores de *N. corniger* exploraram o alimento por todas as vias de acesso apresentadas, entretanto, vias com barreiras verticais foram utilizadas com menor intensidade. Por outro lado, vias subterrâneas, apesar do requerimento inicial de maior investimento energético, seriam preferidas por *N. corniger* dependendo do contexto ambiental.

## CONCLUSÕES

- *Nasutitermes corniger* utiliza, simultaneamente, várias vias de acesso a uma fonte de alimento. No entanto, exibe preferência pelas vias livres de obstáculo ou subterrâneas;

- O menor fluxo de *N. corniger* na passagem com barreira vertical indica que o maior custo energético ocasionado pelo esforço requerido para cobrir o maior percurso teve efeito negativo sobre a atividade de forrageamento;
- O similar fluxo dos cupins ao explorar a fonte de alimento pela passagem com barreira sólida e livre de obstáculos indica que outros fatores além da maximização energética poderiam estar envolvidos no processo de escolha das vias de acesso a uma fonte alimentar no cupim *N. corniger*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aikio, S. (2004) Competitive asymmetry foraging area size, and coexistence of annuals. *Oikos*, 104: 51-58.
- Bandeira, A.G. (1998) Danos causados por cupins na Amazônia brasileira. *In: Fontes, L.R., Berti Filho, E. (eds) Cupins: O desafio do conhecimento*. Piracicaba: FEALQ, p. 87-98.
- Casarin, F., Costa-Leonardo, A.M., Arab, A. (2008) Soldiers initiate foraging activities in the subterranean termite, *Heterotermes tenuis*. *Journal of Insect Science*, 8: 1-5.
- Costa-Leonardo, A.M. (2002) *Cupins-Praga: morfologia, biologia e controle*. Rio Claro: Divisa, 128 p.
- Fontes, L.R., Araujo, R.L. (1999) Os cupins. *In: Mariconi, F.A.M. (coord). Insetos e outros invasores de residências*. Piracicaba: FEALQ, p.35-90.
- Forschler, B.T. (1998) Subterranean termite biology in relation to prevention and removal of structural infestation. *In: National Pest Control Association Publications (NPCA research report on subterranean termites)*, Virginia, p.31-51.
- Gazal, V., Bailez, O., Viana-Bailez, A. (2010) Wood Preference of *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae). *Sociobiology*, 55: 433-443.
- Gazal, V., Bailez, O., Viana-Bailez, A.M., Aguiar-Menezes, E.L., Menezes, E.B. (2012) Decayed wood affecting the attraction of the pest arboretum termite *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae) to resource foods. *Sociobiology*, 59: 287-295.

- González-Coloma, A., Escoubas, P., Reina, M., Mizutani, J. (1994) Antifeedant and insecticidal activity of endemic Canadian Laurence. *Appl. Entomol. Zool.* 29: 292-296.
- Hedlung, J.C., Henderson, G. (1999) Effect of available food size on search tunnel formation by the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *J. Econ. Entomol.* 92: 610-616.
- Jurd, L., Manners, G.D. (1980) Wood extractives as models for the development of new types of pest control agents. *J. Agric. Food Chem.* 28: 183-188.
- Launchbaugh, K.L. (1996). Biochemical aspects of grazing behavior. *In: Hodgson, J., Illius, A.W. (eds.) The ecology and management of grazing systems.* Wallingford: CAB International. P. 159-184.
- Lee, S.H., Bardunias, P., Su, N.Y. (2006) Food encounter rates of simulated termite tunnels with variable food size/distribution pattern and tunnel branch length. *Journal of Theoretical Biology*, 243: 493-500.
- Lee, S.H., Bardunias, P., Su, N.Y. (2007a). Optimal length distribution of termite tunnel branches for efficient food search and resource transportation. *Biosystems*, 90: 802-807.
- Lee, S.H., Su, N.Y., Bardunias, P., Li, H.F. (2007b) Food encounter rate of simulated termite tunnels in heterogeneous landscapes. *Biosystems*, 90: 314-322.
- Lee, S.H., Su, N.Y., Lee, M. (2009) Why is the number of primary tunnels of the Formosan subterranean termite, *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae), restricted during foraging? *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 12: 151-154.
- Krebs, J.R. (1978) Optimal foraging decision rules for predators. *In: Krebs, J.R., Davies, N.B. (eds.) Behavioral Ecology: An Evolutionary Approach.* Sinauer: Blackwell Science Ltd., p. 23-63.
- Martius, C. (1994) Termite nests as structural elements of the Amazon floodplain forest. *Andrias*, 13: 137-150.
- Milano, S., Fontes, L.R. (2002) Cupim e Cidade: Implicações ecológicas e controle, Conquista Artes Gráficas, São Paulo, 141p.
- Mill, A.E. (1991) Termites as structural pest in Amazonia, Brazil. *Sociobiology*, 19: 339-348.
- Miura, T., Matsumoto, T. (1998) Foraging organization of the open-air processional lichen-feeding termite *Hospitalitermes* (Isoptera, Termitidae). *Insectes Soc.*, 45: 17-32.
- Silva, V.S.G. (2008) Comportamento de forrageamento de *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) (Isoptera: Termitidae) e sua ocorrência em áreas

urbanas. Tese (Doutorado) - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 108 p.

Su, N-Y., Scheffrahn, R.H. (1988) Foraging population and territory of the *Formosan subterranean* termites (Isoptera; Rhinotermitidae) in an urban environment. *Sociobiology*, 14: 353-359.

Traniello, J.F.A. (1981) Enemy deterrence in the recruitment strategy of a termite. Soldier organized foraging in *Nasutitermes costalis*. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 78: 1976-1979.

Thorne, B.L., Haverty, M.I. (2000) Nest growth and survivorship in three species of neotropical *Nasutitermes* (Isoptera: Termitidae). *Environmental Entomology*, 29: 256-264.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Comprovou-se que o comportamento individual de soldados de *N. corniger*, ao explorar um novo território é diferente do comportamento coletivo. Individualmente os soldados exploraram substratos verticais preferencialmente mediante locomoção ascendente. Este comportamento seria consequência de um fenômeno de geotaxia negativa. Entretanto, coletivamente em situações de escolha os cupins exploraram preferencialmente as fontes de alimento acessadas mediante locomoção descendente. Esta diferença comportamental poderia ser consequência de uma maior eficiência do mecanismo de marcação de trilha nos cupins que retornam ao ninho mediante locomoção ascendente o que fortaleceria a trilha do alimento situado abaixo do ponto de acesso num substrato vertical. Os operários individualmente não apresentaram em um substrato vertical uma orientação preferencial pela ascendente ou descendente. A resposta coletiva é de caráter secundário e depende exclusivamente da marcação de trilha feromonal. Independente do número de fontes de alimento ou das áreas de exploração disponíveis, *N. corniger* manifestou comportamento agonístico intenso frente a indivíduos de colônias homoespecíficas, evidenciando um forte comportamento de territorialidade. O aumento da distância entre colônias parece incrementar a intensidade do comportamento agonístico em confrontos homoespecíficos mas, também aumenta a probabilidade de ocorrência de tolerância heterocolonial. A dieta alimentar e a proximidade genética das colônias podem ser fatores determinantes no comportamento territorial de *N. corniger*.

*Nasutitermes corniger* utiliza simultaneamente distintas vias de acesso para acessar a fonte alimentar. No entanto, exibe preferência para forragear através de vias livres de obstáculo ou subterrâneas. O menor fluxo de cupins forrageando através da passagem com barreira vertical indica que o maior custo energético ocasionado pelo maior esforço requerido para cobrir o maior percurso nesta via teve efeito negativo sobre o comportamento de forrageamento. A similar performance dos cupins ao explorar a fonte de alimento pela passagem com barreira sólida e livre indica que outros fatores

além da maximização energética podem estar envolvidos no processo de escolha das vias de acesso a uma fonte alimentar no cupim *N. corniger*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Addor, R.W. (1995) Insecticides. *In: Godfrey, C.R.A. (eds.). Agrochemicals from natural products*. New York: Marcel Dekker, p.1-62.
- Adams, E.S., Levings S.C. (1987) Territory size and population limits and mangrove termites. *J. Anim. Ecol.* 56: 1069-1081.
- Almeida, J.E.M., Alves, S.B. (1995) Seleção de armadilhas para a captura de *Heterotermes tenuis* (Hagen). *An. Soc. Entomol. Bras.* 24: 619-624.
- Amaral, R.D.A.M. (2002) *Diagnóstico da ocorrência de cupins xilófagos em árvores urbanas do bairro de Higienópolis, na cidade de São Paulo*. Dissertação (Mestrado) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ, 71p.
- Andara, C., Issa, S., Jaffé, K. (2004) Decision-making systems in recruitment to food for two *Nasutitermitinae* (Isoptera: Termitidae). *Sociobiology*, 44: 1-13.
- Araújo, A.P.A. (2005) *Por que existem recursos potenciais não explorados pelos cupins (Insecta: Isoptera)*. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 62p.
- Araújo, R.L. (1977) *Catálogo dos Isoptera do Novo Mundo*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira e Ciência, 92p.
- Avasthy, P.N. (1967) *Sugarcane pests in Índia*. London: PANS, 114p.
- Bacchus, S. (1979) New exocrine gland on the legs of some Rhinotermitidae (Isoptera). *Int. J. Insect Morphoogicol. Embryol.* 8:135-142.
- Bandeira, A.G., Gomes, J.I, Lisboa, P.L.B., Souza, P.C.S. (1989) *Insetos pragas de madeiras de edificações em Belém – Pará*. Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, n. 101, p. 1-25.
- Bandeira, A.G., Miranda, C.S., Vasconcellos, A. (1998) Danos causados por cupins em João Pessoa, Paraíba - Brasil. *In: Fontes, L.R., Berti Filho, E. (eds) Cupins: O desafio do conhecimento*. Piracicaba: FEALQ, p. 75-85.
- Baroni-Urbani, C. (1979) Territoriality in social insects. *In: Hermann, H.R. (ed) Social Insects*. 1. ed. New York: Academic Press, p. 91-120.

- Bordereau C., Robert, A., Van Tuyen, V., Peppuy, A. (1997) Suicidal defensive behavior by frontal gland dehiscence in *Globitermes sulphureus* Haviland soldiers (Isoptera). *Insectes Soc.* 44: 289-297.
- Bustamante, N.C.R. (1993) *Preferências alimentares de 5 espécies de cupins Nasutitermes Dudley, 1980 (Termitidae: Isoptera) por 7 espécies de madeiras de várzea na Amazônia Central*. Dissertação (Mestrado) – Manaus – AM, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA/FUA, 151p.
- Cabrera, B.J., Kamble, S.T. (2001) Effect of decreasing thermophotoperiod on Eastern subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Arquivos Instituto Biológico de São Paulo*, 30: 166-167.
- Clarke, P., Garraway, E. (1994) Development of nests and composition of colonies of *Nasutitermes nigriceps* (Isoptera: Termitidae) in the magroves of Jamaica. *Fla. Entomol.* 77: 272-280.
- Constantino, R. (1998) Catalog of the living termites of the New World (Insecta: Isoptera). *Arq. Zool.* 35: 135-231.
- Constantino, R. (1999) Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. *Pap. Avulsos Zool.* 40: 387-448.
- Constantino, R. (2002) The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. *J. Appl. Entomol.* 126: 355-365.
- Cornelius, M.L., Grace, J.K. (1994) Semiochemicals extracted from a dolichoderine ant affects the feeding and tunneling behavior of the *Formosan subterranean* termite. *Journal Econ. Entomol.* 87: 705-708.
- Cornelius, M.L., Grace, J.K., Ford, P.W., Davidson, B.S. (1995) Toxicity and repellency of semiochemicals extracted from a dolichoderine ant (Hymenoptera: Formicidae) to the *Formosan subterranean* termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Environ. Entomol.* 24: 1263-1269.
- Cornelius, M.L., Grace, J.K. (1997) Effect of termite soldiers on the foraging behavior of *Coptotermes formosanus* in the presence of predatory ants. *Sociobiology*, 29: 247-254.
- Costa Lima, A.M. (1939) Ordem Isoptera. In: Costa Lima, A.M. (ed) *Insetos do Brasil*. 1. ed. Rio de Janeiro: ENA, p. 263-327.
- Costa-Leonardo, A.M., Thorne, B.L. (1995) Iscas e outras metodologias alternativas para o controle de cupins. In: Berti Filho; E, Fontes, L.R. (eds). *Alguns aspectos da biologia e controle de cupins*. Piracicaba: FEALQ, p.89-94.
- Costa-Leonardo, A.M. (2002) *Cupins-Praga: morfologia, biologia e controle*. Rio Claro: Divisa, 128p.

- Costa-Leonardo, A.M. (2007) *O cupim Coptotermes gestroi: uma realidade que veio para ficar*. Vetores & Pragas, 01 dez.
- Cunha, G.A. (1989) *Dicionário histórico das palavras portuguesas de origem tupi*. 3. ed., São Paulo: Melhoramentos & Edusup, 357p.
- Delaplane, K.S. (2003) Tests for intraspecific agonism in Louisiana population of *Coptotermes formosanus* (Isoptera:Rhinotermitidae) in New Orleans, Louisiana. *Environ. Entomol.* 32:1002-1009.
- Edwards, R., Mill, A.E. (1986) *Termites in buildings: Their biology and control*. Felcourt: Rentokil LTDA, 231p.
- Emerson, A.E. (1938) Termite nest. A study of the phylogeny of behavior. *Ecol. Monogr.* 8: 247-284.
- Fadini, M.A.M., Moino Jr. A., Souza, O.F.F. (2002) *Ecologia e manejo de cupins de montículo em pastagens: Indicações técnicas*. Belo Horizonte: EPAMIG,. 28P.(EPAMIG. Boletim Técnico,66).
- Ferreira, E., Barrigossi, A.F. (2006) *Insetos orízvoros da parte subterrânea*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. Documento, 190. 52p.
- Fontes, L.R. (1983) Acréscimos e correções ao "Catálogo dos Isoptera do novo mundo". *Rev. Bras. Entomol.*, 17: 137-145.
- Fontes, L.R. (1995) Cupins em áreas urbanas. In: Berti Filho, E., Fontes, L.R. (eds). *Alguns Aspectos Atuais da Biologia e Controle de Cupins*. Piracicaba: FEALQ, p. 57-76.
- Fontes, L.R., Milano, S. (2002) Termites as an urban problem in south América. *Sociobiology*, 40: 103-151.
- Forschler, B.T. (1998) Subterranean termite biology in relation to prevention and removal of structural infestation. In: *National Pest Control Association Publications* (NPCA research report on subterranean termites), Virginia, p. 31-51.
- Gazal, V., Bailez, O., Viana-Bailez, A. (2010) Wood Preference of *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae). *Sociobiology*, 55: 433-443.
- González-Coloma, A., Escoubas, P., Reina, M., Mizutani, J. (1994) Antifeedant and insecticidal activity of endemic Canadian Laurence. *Appl. Entomol. Zool.* 29: 292-296.
- Grace, J.K. (1996) Absence of overt agonistic behavior in a northern population of *Reticulitermes Flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology*, 28: 103-110.
- Grasse, P.P. (1949) Ordem des isopteres ou termites. In: Grasse, P.P. (ed). *Traite de Zoologie*. Paris: Masson et Cie Editeurs, p. 408-554.

- Grasse, P.P. (1982) *Termitologia. International Congress of IUSSI*. Paris: Masson, 676p.
- Haverty, M.I., Thorne, B.L. (1989) Agonistic behavior correlated with hydrocarbon phenotypes in dampwood termites, *Zootermopsis* (Isoptera: Termopsidae). *J. Insect Beh.* 2: 523-543.
- Harris, W.V. (1971) *Termites their recognition and control*. 2.ed. London: Longman, 186p.
- Hölldobler, B., Wilson, E.O. (1990) *The ants*. 1. ed. Massachusetts: Belknap Press. 732p.
- Issa, S. (1995) Algunas observaciones sobre el comportamiento de soldados de dos especies de *Nasutitermes* (Termitidae: Nasutitermitinae). *Bol. Entomol. Venez.* 10: 119.
- Issa, S., Arab. A. (2000) A checklist of the termites from Venezuela (Isoptera: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Termitidae). *Fla. Entomol.*, 83: 379-382.
- Jaffé, K., Ramos, C., Issa, S. (1995) Trophic interactions between ants and termites that share common nests. *Ann. Am. Entomol. Sociobiol.* 24: 328-333.
- Jones, S.C. (1990) Delineation of *Heterotermes aureus* (Isoptera: Rhinotermitidae) foraging territories in a sonoran desert grassland. *Environ. Entomol.* 19: 1047-1054.
- Jones, S.C. (1993) Field observations of intercolony aggression and territory changes in *Heterotermes aureus* (Isoptera: Rhinotermitidae). *J. Insect Beh.*, 6: 225-235.
- Jurd, L., Manners, G.D. (1980) Wood extractives as models for the development of new types of pest control agents. *J. Agric. Food Chem.* 28: 183-188.
- Kaib, M., Mikus, S., Bagine, R.K., Stadler, J., Brandl, R. (1997) Distribution of *Macrotermes michaelseni* colonies on different spatial scales. *Mitt. Dtsch. Gesell. Allg. Ang. Entomol.* 11: 189-192.
- Kaib, M., Francke, S., Francke, W., Brandl, R. (2002) Cuticular hydrocarbons in a termite: phenotypes and a neighbour-stranger effect. *Physiol. Entomol.* 27: 189-198.
- Korb, J., Linsenmair, K.E. (1998) The effect of temperature on architecture on distribution of *Macrotermes bellicosus* (Isoptera: Macrotermitinae) mounds in different habitats of West African Guinea savanna. *Insectes Soc.*, 45: 51-65.
- Krishna, K., Weesner, F.M. (1969). *Biology of Termites*. New York and London: Academic Press, 598p.

- Lee, K.E., Wood, T.G. (1971) *Termites and Soils*. London and New York: Academic Press, 251p.
- Lelis, A.T. (1994) Termite problem in São Paulo City - Brazil. *Resumos do XII International Congress of IUSSI*. Paris. 278p.
- Leponce, M., Roisin, Y., Pasteels, J.M. (1999) Structure and dynamics of the arcoreal nesting termite community. *Biotropica*, 33: 22-43.
- Lewis, V.R. (1997) Alternative Control Strategies for Termites. *J. Agricult. Entomol.*, 14: 291-307.
- Mariconi, F.A.M., Fontes L.R., Araújo, R.L. (1999) Os cupins. In: Mariconi, F.A.M., Fontes, L.R., Araújo, R.L. (eds). *Insetos e outros invasores de residências*. Piracicaba: FEALQ, p. 35-90.
- Matsuura, K. (2002) Colony-level stabilization of soldier head width for head-plug defense in the termite *Reticulitermes speratus* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 51: 172-179.
- McMahan, A.E. (1966) Studies of termite Wood-Feeding Preferences. *Entomol. Sociobiol.* 19: 239-250.
- Milano, S., Fontes, R.F. (2002) *Cupim e cidade: Implicações ecológicas e controle*. São Paulo, 142p.
- Milano, S. (1998) Diagnóstico e controle de cupins em área urbana. In: Fontes, L.R.; Berti Filho, E. (eds). *Cupins: O desafio do conhecimento*. Piracicaba: FEALQ, p.45-74.
- Mill, A.E. (1983) Behavioral and toxic effects of termite defensive secretions on ants. *Physiol. Entomol.* 8: 413-418.
- Noirot, C., Noirot-Timotheé, C. (1969) The digestive system. In: Krishna, K., Weesner, F.M. (eds). *Biology of Termites*, New York and London: Academic Press, p. 49-85.
- Noirot, C. (1970) The nests of termites. In: Krishna, K., Weesner, F.M. (eds.). *Biology of Termites*. Academic Press: New York and London, 643p.
- Nutting, W.L. (1970) Flight and colony foudation. In: Krishna, K., Weesner, M. (eds). *Biology of termites*. New York: Academic Press, 382p.
- Oliveira, A.M.F., Lelis, A.T., Lepage, E.S., Carballera Lopez, G.A., Sampaio Oliveira, L.C.E., Canedo, M.D., Milano, S. (1986) Agentes destruidores da madeira. In: Lepage, E.S. (Coord). *Manual de preservação de madeiras*. IPT: São Paulo, p. 99-278.
- Oster, G.F., Wilson, E.O. (1978) *Caste and Ecology in the social insects*. New York: Princeton University Press, 400p.

- Pivetta, J.P. (2006) Cana-de açúcar, controle de cupins e cigarrinha-das-raízes. São Paulo: Correio Agrícola, p. 2-5.
- Potenza, M., Zorzenon, F.J. (2006) *Cupins: pragas em áreas urbanas*. Boletim Técnico do Instituto Biológico, São Paulo, n. 18, 66p.
- Reinhard, J., Hertel, H., Kaib, M. (1997) Feeding stimulating signal in labial gland secretion of the subterranean termite *Reticulitermes santonensis*. *J. Chem. Ecol.*, 23: 2371-2381.
- Reinhard, J., Kaib, M. (2001) Food exploitation in termites: indication for a general feeding-stimulating signal in labial gland secretion of Isoptera. *J. Chem. Ecol.*, 27: 189-201.
- Robinson, W.H. (1996) *Urban entomology: Insect and mite pests in the human environment*. 1. ed. London: Chapman & Hall. 430p.
- Roisin, Y., Pasteels, J.M. (1986) Reproductive mechanisms in termites: polycalism and polygyny in *Nasutitermes polygynus* and *N. costalis*. *Insectes Soc.*, 33: 149-167.
- Silva, V.S.G. (2008) Comportamento de forrageamento de *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) (Isoptera: Termitidae) e sua ocorrência em áreas urbanas. Tese (Doutorado) - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 108 p.
- Silva, V.G., Bailez, O., Viana-Bailez, A.M. (2009) Wood Preference of *Nasutitermes corniger*. *Sociobiology*, 54: 1-11.
- Souza, J.H., Mauri, R., Borges, W.L., Menezes, E.B., Menezes, E.L.A. (2007) Estudo do comportamento do cupim subterrâneo asiático, *Coptotermes gestroi*, em áreas com diferentes disponibilidades de alimentos. *XVII Jornada de Iniciação Científica*, Rio de Janeiro.
- Su, N-Y. (1994) Field evaluation of hexaflumuron bait for population suppression of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). *J. Econ. Entomol.* 87: 389-397.
- Su, N-Y., Scheffrahn, R.H. (1998) A review of subterranean termite control practices and prospects for integrated pest management programs. *Int. Pest Manag. Rev.* 3: 1-13.
- Su, N-Y., Scheffrahn, R.H. (2000) Termites as pests of buildings. In: Abe, T., Bignell D.E., Higashi, M. (eds). *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*, Kluwer. Boston: Academic Publishers, p. 437-453.
- Thorne, B.L. (1982) Polygyny in termites: multiple primary queens in colonies of *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) (Isoptera: Termitidae). *Insectes Soc.* 29: 102-117.

- Thorne, B.L. (1984) Polygyny in the Neotropical termite *Nasutitermes corniger*: life history consequences of queen mutualism. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 14: 117-136.
- Thorne, B.L. (1985) Numerical and biomass caste proportions in colonies of termites *Nasutitermes corniger* and *N. ephratae* (Isoptera: Termitidae). *Insectes Soc.* 32: 411-426.
- Thorne, B.L., Haverty, M.I. (1991) A review of intracolony, intraspecific and interspecific agonism in termites. *Sociobiology*, 19: 116-143.
- Torales, G.J., Oscherov, E.B., Armua, A.C., Martegani, M.M., Laffont, E.R., Arbino, M.O. (1990) Contribución al conocimiento de las termitas de Argentina (Pcia. de Corrientes). *Nasutitermes corniger* Motschulsky (Isoptera: Termitidae, Nasutitermitinae). Infestación de viviendas. *Facena*. 8: 9-25.
- Torales, G.J. (1998) Rol de los isópteros em La Argentina. *In*: Fontes, L.R., Berti-Filho, E. (eds.), *Cupins. O desafio do conhecimento*. Fundação Escola de Agricultura Luiz de Queiroz, p. 413-435.
- Traniello, J.F.A. (1981) Enemy deterrence in the recruitment strategy of a termite. Soldier organized foraging in *Nasutitermes costalis*. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 78:1976-1979.
- Traniello, J.F., Busher, C. (1985) Chemical regulation of polyetism during foraging in the Neotropical termite. *J. Chem. Ecol.* 2: 491-492.
- Vasconcellos, A. (1999) *Estrutura e dinâmica de ninhos policálicos de uma espécie de Nasutitermes (Isoptera: Termitidae) em Mata Atlântica e no meio urbano de João Pessoa. Paraíba Brasil*. Dissertação (Mestrado) – João Pessoa – PB, Universidade Federal Paraíba - UFPB, 84p.
- Wilson, E.O. (1971) *The insects societies*. Cambridge and Massachusetts: Harward University Press, 548p.
- Wood, T.G. (1978) Food and feeding habits of termites. *In*: Brian, M.V. (ed). *Production Ecology of Ants and Termites*. Cambridge: Cambridge University press, p. 55-80.
- Zorzenon, F.J. (2009) *Levantamento, dimensionamento de danos e manejo de Cupins Subterrâneos, formigas em arborização urbana*. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiente no Agronegócio). São Paulo – SP, Instituto Biológico, 133p.
- Zorzenon, F.J., Potenza, M.R. (1998) *Cupins: pragas em áreas urbanas*. Boletim Técnico do Instituto Biológico, São Paulo, n. 10, 40p.
- Zorzenon, F.J., Potenza, M.R. (2006) *Cupins: pragas em áreas urbanas*. Boletim Técnico n.18, São Paulo, 66p.

## APÊNDICES

### Apêndice 1- Orientação preferencial do cupim arbóreo *Nasutitermes corniger*

Quadro 1. Teste individual de operarios: Número de operarios que chegaram à borda do disco entre os angulos 181° e 269°, 270° e 359°, 1° e 89° ou 90° e 179°.

	<b>Esquerda acima</b>	<b>Direita acima</b>	<b>Direita abaixo</b>	<b>Esquerda abaixo</b>
<b>Colônias</b>	<b>181-269°</b>	<b>270-359°</b>	<b>1-890°</b>	<b>90-179°</b>
1	6	10	1	3
2	6	6	1	7
3	4	8	4	4
4	5	5	3	7
5	8	2	2	8
6	10	8	0	2
7	5	6	6	3
8	8	1	3	8
9	13	0	5	2
10	4	8	5	3
Total	69	54	47	30

Quadro 2. Teste individual de soldados: Número de soldados que chegaram à borda do disco entre os angulos 181° e 269°, 270° e 359°, 1° e 89° ou 90° e 179°.

	<b>Esquerda acima</b>	<b>Direita acima</b>	<b>Direita abaixo</b>	<b>Esquerda abaixo</b>
<b>Colônias</b>	<b>181-269°</b>	<b>270- 359°</b>	<b>1-890°</b>	<b>90-179°</b>
1	8	9	1	2
2	9	8	2	1
3	2	9	6	3
4	3	11	3	3
5	6	9	2	3
6	11	8	1	0
7	11	5	1	3
8	4	7	4	5
9	8	8	2	2
10	10	9	1	0
Total	88	102	26	24

## TESTE COLETIVO

Quadro 3. Teste coletivo em rampa com cinco plataformas: Tempo em minutos até ocorrência de exploração inicial, recrutamento inicial e recrutamento massivo e número de operários e de soldados recrutados em cada plataforma (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup>) depois de 2 horas de experimentação.

Plataforma	Colônias	Exploração inicial	Recrutamento inicial	Recrutamento massivo	Número de operários	Número de soldados
5 <sup>a</sup>	1	8	8	10	339	16
	2	12	14	19	183	42
	3	34	35	50	165	11
	4	7	10	14	57	44
	5	8	7	11	795	102
	6	11	17	21	974	18
	7	9	10	11	49	4
	8	14	14	26	46	2
	9	7	9	25	18	13
	10	10	14	18	152	34
	11	15	17	47	133	28
	12	15	16	18	587	28
	13	6	8	11	273	107
	14	8	9	12	364	18
	15	5	6	10		
	16	7	8	10	471	16
	17	1	2	9	577	21
	18	15	5	15	208	24
	19	14			68	25
	20	11	12	19		
4 <sup>a</sup>	1	6	7	7	98	26
	2	12	16	21	545	46
	3	33	39	47	260	26
	4	6	9	13	18	4
	5	3	9	12	350	63
	6	10	12	20	638	13
	7	7	9		42	4
	8	16	17		9	1
	9	3	3	8	69	20
	10	5	9	19		20
	11	13	16	43	58	9
	12	11	16	19	587	19
	13	17	16	34	565	281
	14	6	6	13	320	20
	15	5	15			
	16	5	8	11	602	14

	17	23	2	8	580	26
	18	13	34		242	22
	19	10	12	16	22	10
	20	11	13			
<b>3ª</b>	<b>Ponto de acesso dos cupins</b>					
<b>2ª</b>	1	7	7	90	128	20
	2	14	16	35	440	36
	3	23	26		10	5
	4	10	17	21	9	2
	5	9	12	14	214	58
	6	9	26	41	666	20
	7	9	11		10	2
	8	36	55			
	9	3	3	27	21	21
	10	4	9	15	41	11
	11	12	16	45	19	11
	12	10	20	24	338	31
	13	15	22	22	355	73
	14	8	9	12	185	29
	15	4	6			
	16	11	15	23	667	23
	17	16	21	25	424	32
	18	12	13	16	576	23
	19	9	12	16	60	11
	20	12	17			
<b>1ª</b>	1	11	15		40	12
	2	16	18	78	206	38
	3	19	24		1	2
	4	16	22	23	9	5
	5	5	6	10	164	49
	6	7	9	12	692	40
	7	8	11		15	11
	8	20	20		2	2
	9	4	5	32	18	20
	10	7	10	18	9	6
	11	11	15		4	15
	12	17	20	28	734	23
	13	8	10	22	314	107
	14	11	11	13	295	24
	15	5	6	10		
	16	16	17	20	175	10
	17	21	2	9	126	25
	18	18	31		223	23
	19	15	17		8	10
	20	12	14			

Quadro 4. Teste coletivo em rampa com três plataformas: Tempo em minutos até ocorrência de exploração inicial, recrutamento inicial e recrutamento masivo e número de operarios e de soldados recrutados em cada plataforma (1ª, 3ª) a cada 6h de observação durane 120 h de experimentação.

Colônias	Amostragens (h)	Operários		Soldados	
		Ascendente	Descendente	Ascendente	Descendente
1	6	730	322	22	58
	12	72	280	10	40
	18	80	375	30	28
	24	135	110	10	11
	30	150	120	12	10
	36	153	465	11	15
	42	13	598	5	11
	48	7	85	9	4
	54	5	184	7	52
	60	240	228	18	15
	66	41	321	9	16
	72	115	119	5	21
	78	41	280	6	15
	84	60	85	5	6
	90	109	264	8	11
	96	246	197	33	28
102	67	184	10	20	
108	34	360	8	21	
114	104	85	3	8	
120	126	245	12	21	
2	6	97	156	10	32
	12	344	369	23	36
	18	408	350	66	61
	24	210	200	10	13
	30	4	83	6	34
	36	152	465	11	15
	42	3	217	0	16
	48	25	111	2	7
	54	47	29	7	15
	60	101	235	7	18
	66	75	133	4	7
	72	29	51	15	17
	78	36	54	8	9
	84	530	160	11	10
	90	300	291	12	6
	96	70	92	8	7
102	30	47	2	0	
108	0	180	0	24	
114	0	273	0	8	
120	130	184	10	17	
3	6	120	480	8	10
	12	170	95	2	4
	18	376	76	8	16
	24	246	201	5	13

	30	516	2141	9	14
	36	167	408	9	17
	42	73	400	14	16
	48	619	523	15	30
	54	113	504	9	12
	60	473	417	12	12
	66	380	130	6	9
	72	46	234	9	10
	78	438	281	12	9
	84	218	320	8	6
	90	58	485	3	15
	96	271	101	4	4
	102	106	190	6	10
	108	150	79	3	4
	114	240	245	10	11
	120	129	84	5	5
4	6	528	280	18	11
	12	15	198	3	22
	18	8	84	1	15
	24	409	249	20	14
	30	649	469	29	50
	36	128	328	24	28
	42	156	103	22	7
	48	63	564	19	46
	54	346	548	22	35
	60	270	532	31	28
	66	130	145	12	10
	72	28	226	14	14
	78	20	530	13	12
	84	126	118	12	12
	90	453	98	7	21
	96	659	145	6	30
102	71	19	27	17	
108	2	137	8	21	
114	7	206	1	44	
120	265	24	13	8	
5	6	18	95	3	16
	12	6	71	1	18
	18	7	111	11	18
	24	20	12	14	16
	30	60	43	7	6
	36	5	132	2	13
	42	5	126	25	10
	48	58	25	3	13
	54	278	5	15	25
	60	11	88	10	13
	66	12	28	2	5
	72	41	42	28	14
	78	73	89	8	9
	84	9	45	9	6
90	25	32	4	7	
96	84	14	8	13	
102	35	84	15	18	

	108	0	6	0	3
	114	17	68	24	36
	120	0	82	0	17
6	6	8	9	8	17
	12	13	27	13	265
	18	41	54	31	21
	24	24	220	15	16
	30	25	27	35	205
	36	21	148	12	428
	42	91	178	33	237
	48	10	398	16	318
	54	26	348	48	238
	60	60	9	13	14
	66	3	10	51	215
	72	24	25	17	310
	78	65	303	21	558
	84	48	186	32	183
	90	22	114	318	164
96	45	315	25	595	
102	225	42	185	64	
108	43	151	28	182	
114	34	539	10	436	
120	18	104	44	182	
7	6	17	11	16	5
	12	5	2	6	2
	18	32	26	55	29
	24	10	10	3	3
	30	0	4	0	0
	36	15	50	9	9
	42	28	47	33	178
	48	3	3	18	242
	54	21	5	12	0
	60	6	3	14	5
	66	46	96	46	61
	72	20	27	26	27
	78	45	142	59	181
	84	27	38	22	35
	90	14	81	27	121
96	3	2	36	85	
102	40	129	53	73	
108	6	34	18	27	
114	18	10	27	4	
120	9	15	7	14	
8	6	21	47	12	42
	12	10	55	14	22
	18	35	83	8	14
	24	13	322	12	228
	30	335	541	8	37
	36	12	278	13	213
	42	26	183	7	210
	48	12	314	13	186
	54	192	303	15	439
	60	6	171	3	550

	66	23	106	12	56
	72	16	270	17	189
	78	12	386	12	402
	84	21	236	13	306
	90	18	453	12	53
	96	10	628	19	459
	102	15	255	23	300
	108	43	163	42	89
	114	8	96	6	87
	120	104	10	339	20

**Apêndice 2-** Comportamento de territorialidade e tolerância intraespecífica em *Nasutitermes corniger* (Isoptera, Termitidae)

Quadro 1. Tempo até ocorrência de exploração e recrutamento inicial e massivo em uma fonte de alimento contida em uma arena de forrageamento conectada a dois ninhos de cupins *N. corniger* mantidos em sala de laboratório.

<b>Teste</b>	<b>Início</b>	<b>Exploração inicial</b>		<b>Recrutamento inicial</b>		<b>Recrutamento Massivo</b>		<b>Fim</b>	<b>Colônias</b>
<b>1</b>	15:12	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	16:12	<b>4vs. 3</b> não
<b>2</b>	10:03	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	12:27	<b>4vs. 1</b> sim
<b>3</b>	08:47	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	09:22	<b>3vs. 1</b> não
<b>4</b>	08:40	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	08:46	<b>6vs. 7</b> sim
<b>5</b>	14:40	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	15:17	<b>8vs. 7</b> sim
<b>6</b>	09:03	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	09:18	<b>8vs. 11</b> sim
<b>7</b>	08:57	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	09:13	<b>9vs. 11</b> sim
<b>8</b>	09:12	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	10:10	<b>8vs. 9</b> sim
<b>9</b>	10:23	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	10:45	<b>6vs. 11</b> não
<b>10</b>	09:30	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	10:05	<b>6vs. 8</b> sim
<b>11</b>	09:22	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	09:49	<b>6vs. 9</b> sim
<b>12</b>	10:07	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	10:31	<b>13vs. 11</b> sim
<b>13</b>	14:37	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	15:05	<b>9vs. 10</b> sim
<b>14</b>	09:35	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	10:18	<b>10vs. 11</b> sim
<b>15</b>	09:55	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	10:11	<b>9vs. 13</b> sim
<b>16</b>	15:24	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	15:49	<b>9vs. 14</b> sim
<b>17</b>	09:46	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	10:12	<b>13vs. 14</b> sim
<b>18</b>	11:30	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	11:39	<b>19vs. 20</b> sim
<b>19</b>	09:30	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	09:43	<b>17vs. 18</b> sim
<b>20</b>	11:51	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	12:02	<b>18vs. 19</b> sim

Quadro 2. Tempo até ocorrência de exploração e recrutamento inicial e massivo em duas fonte de alimento contidas em duas arenas de forrageamento conectada a dois ninhos de cupins *N. corniger* mantidos em sala de laboratório.

Teste	Arenas de forrageamento	Exploração inicial	Recrutamento inicial	Recrutamento Massivo	Fim	Colônias
1	arena 1 arena 2	19 20 04:07 04:56	19 20 05:40 05:12	19 20 10:21 10:40	11:55	19vs. 20 Não
2	arena 1 arena 2	18 21 06:55 14:42	18 21 07:42 15:11	18 21 14:15	16:30	18vs. 21 sim
3	arena 1 arena 2	17 22 12:41	17 22 16:27 34:17	17 22 27:49	36:10	17vs. 22 sim
4	arena 1 arena 2	18 19 04:11	18 19 06:08	18 19 10:23	12:25	18vs. 19 sim
5	arena 1 arena 2	20 21 15:45 13:58	20 21 15:05	20 21 17:55	18:50	20vs. 21 sim
6	arena 1 arena 2	18 20 03:35 08:02	18 20 11:07 09:57	18 20	12:45	18vs. 20 sim
7	arena 1 arena 2	19 21 12:28	19 21	19 21	13:35	19vs. 21 sim
8	arena 1 arena 2	21 23 01:36 02:58	21 23 03:11 03:26	21 23 04:58 05:15	07:15	21vs. 23 não
9	arena 1 arena 2	18 24 00:41 01:07	18 24 02:30 05:12	18 24	06:50	18vs. 24 sim
10	arena 1 arena 2	20 23 04:45 04:28 04:18	20 23	20 23	06:02	20vs. 23 sim
11	arena 1 arena 2	19 24 05:31 08:41	19 24 10:28 12:11	19 24	14:16	19vs. 24 sim
12	arena 1 arena 2	18 23 07:43 04:15	18 23 09:03 04:20	18 23 11:16 08:03	15:40	18vs. 23 sim
13	arena 1 arena 2	21 24 04:37 12:07	21 24 04:48 12:20	21 24 19:23	22:04	21vs. 24 sim
14	arena 1 arena 2	19 23 07:20 05:20	19 23 08:45 06:04	19 23 12:25 16:37	18:54	19vs. 23 sim
15	arena 1 arena 2	20 24 03:45	20 24 03:53	20 24	07:01	20vs. 24 sim

16	arena 1	23 05:24	24 03:58	23 04:33	24 05:01	23	24	10:10	23vs. 24 sim
	arena 2	03:40							

Quadro 3. Tempo até ocorrência de exploração e recrutamento inicial e massivo em três fontes de alimento contidas em duas arenas de forrageamento. conectada a dois ninhos de cupins *N. corniger* mantidos em sala de laboratório.

Teste	Arenas de forrageamento	Fontes de alimento	Exploração inicial	Recrutamento inicial	Recrutamento Massivo	Fim	Colônias
1	arena 1	1° fonte	20 19 01:38 06:50	20 19 10:52 09:56	20 19 14:46	19:00	20vs. 19 não
	arena 2	2° fonte	02:15	09:24			
2	arena 1	1° fonte	17 22 03:22	17 22 04:12	17 22 14:50	27:13	17vs. 22 sim
	arena 2	2° fonte	08:21	12:19	25:54		
3	arena 1	1° fonte	18 21 06:47	18 21 07:23	18 21 15:11	26:17	18vs. 21 sim
	arena 2	2° fonte	12:16	14:47			
4	arena 1	1° fonte	18 19 08:24 11:00	18 19 10:00 13:00	18 19 12:00	17:00	18vs. 19 sim
	arena 2	2° fonte	13:00	08:56			
5	arena 1	1ª fonte	20 21 07:25	20 21 10:26	20 21 14:09	16:33	20vs. 21 sim
	arena 2	2ª fonte	14:31	12:36			
6	arena 1	1ª fonte	18 20 03:43	18 20	18 20	10:13	18vs. 20 sim
	arena 2	2ª fonte	05:50				
7	arena 1	1ª fonte	19 21 17:11	19 21 20:04 12:31	19 21 16:48	24:25	19vs. 21 sim
	arena 2	2ª fonte	10:17	11:28	15:54		
8	arena 1	1ª fonte	21 23 02:00	21 23 02:35	21 23	09:20	21vs. 23 não
	arena 2	2ª fonte	03:15	03:50			
9			18 24	18 24	18 24		18vs. 24
	arena 1	1ª fonte	06:29			08:13	sim

	arena 2	1ª fonte	04:22	06:58			
10	arena 1	1ª fonte	20 23 03:03	20 23 03:46	20 23	06:51	20vs. 23 sim
		2ª fonte	03:57	04:10			
	arena 2	1ª fonte	05:45				
11	arena 1	1ª fonte	19 24 03:02	19 24 04:01	19 24	05:38	19vs. 24 sim
		2ª fonte	04:49	04:58			
	arena 2	1ª fonte					
12	arena 1	1ª fonte	18 23 05:30	18 23 06:30	18 23 10:53	18:40	18vs. 23 sim
		2ª fonte	05:53	06:45	11:05		
	arena 2	1ª fonte	06:21	06:50			
13	arena 1	1ª fonte	21 24 06:55	21 24 10:25	21 24 26:31	41:15	21vs. 24 não
		2ª fonte	08:03	09:55	26:45		
	arena 2	1ª fonte	06:40	08:50	30:47		
14	arena 1	1ª fonte	19 23	19 23	19 23	12:20	19vs. 23 sim
		2ª fonte					
	arena 2	1ª fonte	06:38	09:34			
15	arena 1	1ª fonte	20 24 07:25	20 24 09:18	20 24	11:15	20vs. 24 sim
		2ª fonte	10:32	11:24			
	arena 2	1ª fonte	02:32	03:04			
16	arena 1	1ª fonte	23 24 06:56	23 24	23 24	09:23	23vs. 24 não
		2ª fonte	07:36	08:12			
	arena 2	1ª fonte	05:42 06:45				

Quadro 4. Tempo até ocorrência de exploração e recrutamento inicial e massivo em quatro fontes de alimento contidas em duas arenas de forrageamento conectadas a dois ninhos de cupins *N. corniger* mantidos em sala de laboratório.

Teste	Arenas de forrageamento	Fontes de alimento	Exploração inicial	Recrutamento inicial	Recrutamento Massivo	Fim	Colonias
1	arena 1	1º fonte	19 20 21:33 08:20	19 20 22:50 16:06	19 20 28:24	29:32	19vs. 20 não
		2º fonte	18:17	22:08			
	arena 2	1º fonte	07:32	10:08			
		2º fonte	08:18	13:16			
2	arena 1	1º fonte	17 22 09:31	17 22 14:26	17 22 17:14	25:15	17vs. 22 sim
		2º fonte	21:43				

	arena 2	1° fonte 2° fonte	07:23 21:11 09:36	12:43 15:50	23:07		
<b>3</b>	arena 1	1° fonte 2° fonte	<b>18 21</b> 05:25 10:11	<b>18 21</b> 06:43	<b>18 21</b> 12:01	13:54	<b>18vs. 21</b> sim
	arena 2	1° fonte 2° fonte	03:03 07:27	04:10 09:37	06:28		
<b>4</b>	arena 1	1° fonte 2° fonte	<b>18 19</b> 15:26 09:40	<b>18 19</b> 17:48	<b>18 19</b>	18:43	<b>18vs. 19</b> sim
	arena 2	1° fonte 2° fonte	12:28				
<b>5</b>	arena 1	1° fonte 2° fonte	<b>20 21</b> 14:08 14:48	<b>20 21</b> 14:25	<b>20 21</b>	16:14	<b>20vs. 21</b> sim
	arena 2	1° fonte 2° fonte	13:58 14:44	07:10			
<b>6</b>	arena 1	1° fonte 2° fonte	<b>18 20</b> 17:35 07:35	<b>18 20</b>	<b>18 20</b>	20:21	<b>18vs. 20</b> sim
	arena 2	1° fonte 2° fonte	15:04 13:41	18:24			
<b>7</b>	arena 1	1° fonte 2° fonte	<b>19 21</b> 27:30 20:26	<b>19 21</b> 28:25 22:12	<b>19 21</b> 29:33 24:58	31:45	<b>19vs. 21</b> sim
	arena 2	1° fonte 2° fonte	24:34	27:05	30:00		
<b>8</b>	arena 1	1° fonte 2° fonte	<b>18 24</b> 06:26	<b>18 24</b> 07:47	<b>18 24</b>	11:02	<b>18vs. 24</b> sim
	arena 2	1° fonte 2° fonte	09:35 04:24 06:09	05:47 09:16			
<b>9</b>	arena 1	1° fonte 2° fonte	<b>21 23</b> 07:47	<b>21 23</b> 09:00	<b>21 23</b>	15:32	<b>21vs. 23</b> não
	arena 2	1° fonte 2° fonte	09:17 10:09	14:00 11:34			
<b>10</b>	arena 1	1° fonte 2° fonte	<b>20 23</b> 04:48	<b>20 23</b> 07:23	<b>20 23</b>	09:10	<b>20vs. 23</b> sim
	arena 2	1° fonte 2° fonte	04:46 06:09				
<b>11</b>	arena 1	1° fonte 2° fonte	<b>19 24</b> 01:33 01:58	<b>19 24</b> 03:13 03:45	<b>19 24</b> 06:47 06:50	11:31	<b>19vs. 24</b> sim

	arena 2	1° fonte 2° fonte	01:45 03:55	03:59 06:03	09:33 09:55		
12	arena 1	1° fonte 2° fonte	18 23 03:35 06:10	18 23 04:08 08:07	18 23 13:20	15:50	18vs. 23 sim
	arena 2	1° fonte 2° fonte	03:40 07:13	04:00 08:12	13:33		
13	arena 1	1° fonte 2° fonte	21 24 02:23 04:20	21 24 04:33 06:55		12:38	21vs. 24 não
	arena 2	1° fonte 2° fonte	02:05 02:30	04:05 04:40	10:30 10:43		
14	arena 1	1° fonte 2° fonte	19 23 03:16 06:02	19 23 04:09 06:42		09:14	19vs. 23 sim
	arena 2	1° fonte 2° fonte	01:01 03:18	01:14 04:24	06:56		
15	arena 1	1° fonte 2° fonte	20 24 04:33 05:49	20 24 05:23 06:15		08:45	20vs. 24 sim
	arena 2	1° fonte 2° fonte	04:51 05:40	05:30 05:50			
16	arena 1	1° fonte 2° fonte	23 24 02:05 04:02	23 24 03:07 04:08		07:44	23vs. 24 não
	arena 2	1° fonte 2° fonte	03:43 05:08	04:13 05:25			

Quadro 5. Porcentagem de injúrias em cupins heterocoloniais confrontados em placa de Petri em números de 10 indivíduos por ninho. Os ninhos confrontados tiveram distâncias entre ninhos inferiores a 100 metros.

Repetição	Colônias	Injúrias (%)
<b>Até 100m</b>		
1	AVS. B	43
2	AVS. C	0
3	AVS. D	30
4	AVS. E	41,5
5	AVS. F	49
6	AVS. G	21
7	BVS. C	19,5
8	BVS. D	46,5
9	BVS. E	44
10	BVS. F	41,5
11	BVS. G	25,5
12	CVS. D	28,5
13	CVS. E	51
14	CVS. F	64
15	CVS. G	43,5
16	DVS. E	40,5
17	DVS. F	42,5
18	DVS. G	43,5
19	EVS. F	35,5
20	EVS. G	1,5

Quadro 6. Porcentagem de injúrias em cupins heterocoloniais confrontados em placa de Petri em números de 10 indivíduos por ninho. Os ninhos confrontados tiveram distâncias entre ninhos entre 200 e 500 metros.

Repetição	Colônias	Injúrias (%)
<b>Entre 200 e 500m</b>		
1	HVS. A	64
2	HVS. B	0
3	HVS. C	54,5
4	HVS. D	63
5	HVS. E	50
6	HVS. F	15
7	HVS. G	13,5
8	IVS. A	56
9	IVS. B	52,5
10	IVS. C	59,5
11	IVS. D	42
12	IVS. E	58
13	IVS. F	62,5
14	IVS. G	48,5
15	JVS. A	60,5
16	JVS. B	41,5
17	JVS. C	65,5
18	JVS. D	64,25
19	JVS. E	42
20	JVS. F	38

Quadro 7. Porcentagem de injúrias em cupins heterocoloniais confrontados em placa de Petri em números de 10 indivíduos por ninho. Os ninhos confrontados tiveram distâncias entre ninhos entre 1000 e 1500 metros.

Repetição	Colônias	Injúrias (%)
<b>Entre 1000 e 1500m</b>		
1	KVS. A	56,5
2	KVS. B	56
3	KVS. C	59,5
4	KVS. D	0
5	KVS. E	62,5
6	KVS. F	53,5
7	KVS. G	61
8	LVS. A	0
9	LVS. B	73
10	LVS. C	50,5
11	LVS. D	58
12	LVS. E	55,5
13	LVS. F	69,5
14	LVS. G	50
15	MVS. A	62,5
16	MVS. B	61
17	MVS. C	59
18	MVS. D	0
19	MVS. E	56,5
20	MVS. F	69,5

Quadro 8. Porcentagem de injúrias em cupins heterocoloniais confrontados em placa de petri em números de 10 indivíduos por ninho. Os ninhos confrontados tiveram distâncias superiores a 5.000 metros.

Repetição	Colônias	Injúrias (%)
<b>Acima de 5000m</b>		
1	AVS. N	66
2	AVS. O	61
3	AVS. P	0
4	AVS. Q	69
5	AVS. R	48
6	DVS. N	62
7	DVS. O	62
8	DVS. P	57,5
9	DVS. Q	63,5
10	QVS. R	0
11	BVS. N	62
12	BVS. O	0
13	BVS. P	0
14	BVS. Q	44
15	BVS. R	65,5
16	CVS. N	64,5
17	CVS. O	65
18	CVS. P	1,5
19	CVS. Q	72,5
20	CVS. R	64

Quadro 9. Porcentagem de injúrias em cupins homocoloniais (controle) confrontados em placa de Petri em números de 20 indivíduos por ninho.

Repetição	Colônias	Injúrias (%)
1	AVS. A	0
2	BVS. B	0
3	CVS. C	0
4	DVS. D	0
5	EVS. E	0
6	FVS. F	0
7	GVS. G	0
8	HVS. H	0
9	IVS. I	0
10	KVS. K	0
11	LVS. L	0
12	MVS. M	0
13	NVS. N	0
14	OVS. O	0
15	PVS. P	0
16	QVS. Q	0
17	RVS. R	0
18	AVS. A	0
19	BVS. B	0
20	CVS. C	0

### Apêndice 3 - Estratégia de acesso à fonte alimentar

Quadro 1. Número de cupins passando por 20 cm de trilha das passagens com barreira vertical determinado mediante contagem instântanea realizada a cada 12 h durante 72 horas de experimentação.

Colônias	12h	24h	36h	48h	60h	72h
1	37	27	18	25	29	30
2	11	48	52	74	46	65
3	56	55	60	118	47	58
4	51	76	86	108	66	107
5	0	5	3	6	1	0
6	2	18	32	21	18	17
7	0	28	8	35	36	17
8	0	0	12	5	5	23
9	8	6	2	5	5	3
10	0	6	3	4	4	8
11	15	31	22	23	19	35
12	3	17	19	13	15	15
13	35	63	30	55	18	35
14	0	2	38	24	19	24
15	2	15	6	10	6	9
16	0	1	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	1	0	1	1	1	0
19	0	0	0	0	0	0
20	2	0	0	0	0	0

Quadro 2. Número de cupins passando por 20 cm de trilha da passagem livre de obstáculos, determinado mediante contagem instântanea realizada a cada 12 h durante 72 horas de experimentação.

Colônias	12h	24h	36h	48h	60h	72h
1	25	33	26	33	28	77
2	44	123	85	111	58	140
3	55	82	69	86	44	75
4	1	2	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	34	39	37	27	24
7	0	63	21	71	63	26
8	0	0	2	26	27	8
9	17	13	8	13	9	12
10	0	6	16	16	11	8
11	75	81	85	58	43	50
12	37	46	57	61	66	47
13	45	205	65	85	58	45
14	0	0	34	50	25	41
15	4	23	10	10	7	5
16	3	8	8	2	2	2
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	10	16	12	6	2	0
20	11	30	14	10	4	9

Quadro 3. Número de cupins passando por 20 cm de trilha da passagem com barreira sólida, determinado mediante contagem instântanea realizada a cada 12 h durante 72 horas de experimentação.

62

<b>Colônias</b>	<b>12h</b>	<b>24h</b>	<b>36h</b>	<b>48h</b>	<b>60h</b>	<b>72h</b>
1	22	31	23	28	36	25
2	75	178	84	144	134	241
3	47	66	49	54	30	80
4	58	71	112	107	39	47
5	18	54	75	63	17	24
6	1	11	22	38	34	19
7	0	17	10	12	11	11
8	0	1	5	38	31	31
9	0	4	4	10	9	5
10	0	5	8	17	20	16
11	85	63	36	36	28	33
12	22	53	41	25	25	47
13	14	54	35	37	45	35
14	0	0	0	0	0	3
15	11	28	9	4	6	5
16	5	5	10	1	6	3
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	7	11	8	2	1
20	0	3	4	3	3	3