
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ZOOLOGIA)

***Coptotermes gestroi* (ISOPTERA, RHINOTERMITIDAE): DINÂMICA DE COLÔNIAS INTEIRAS, NECESSIDADES HÍDRICAS E ALOCAÇÃO DE CASTAS ENTRE DIFERENTES FONTES ALIMENTARES**

VANELIZE JANEI

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Concentração: Zoologia).

**Rio Claro
Outubro - 2013**

VANELIZE JANEI

***Coptotermes gestroi* (ISOPTERA, RHINOTERMITIDAE):
DINÂMICA DE COLÔNIAS INTEIRAS, NECESSIDADES
HÍDRICAS E ALOCAÇÃO DE CASTAS ENTRE DIFERENTES
FONTES ALIMENTARES**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Concentração: Zoologia).

Orientadora: PROF^a. DR^a. ANA MARIA COSTA LEONARDO

Rio Claro
2013

595.736 Janei, Vanelize
J33c Coptotermes gestroi (Isoptera: Rhinotermitidae): dinâmica de colônias inteiras, necessidades hídricas e alocação de castas entre diferentes fontes alimentares / Vanelize Janei. - Rio Claro, 2013
119 f. : il., gráfs., tabs., fots.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Ana Maria Costa Leonardo

1. Térmita. 2. Cupins. 3. Comportamento colonial. 4. Forrageamento. I. Título.

Aos meus pais Vânia e Vitor, e aos meus
irmãos Vitor, Varlei, Vildner e Velquer.

O fim de um trabalho como este traz a lembrança e a gratidão pelas pessoas que estiveram envolvidas nele direta ou indiretamente. Então, gostaria de agradecer principalmente meus pais, Vânia e Vitor, e os meus irmãos, Vitor, Varlei, Vildner e Velquer pelo apoio incondicional.

Aos meus avós Loriles e José, aos meus tios Vanilce, Jorge, Vivian e Vitor Pedro, e às minhas cunhadas Letícia e Alessandra pela força!

À Profª Drª Ana Maria Costa Leonardo pela orientação, paciência e incentivo.

Aos meus amigos caninos Cazuza, Elvis e Marrom pelo amor incondicional!

Aos meus amigos Amanda, Carlos e Cinthia. Adoro a companhia de vocês, sempre!

Ao pessoal do CBN 06 + agregados pelos TQABs de quase toda semana. Monizze, Eli, Bruna, Gábi, Dom, Pam, Gi, Manu, Mateus, Naty, Gláucia. É muito bom estar com vocês!

Ao pessoal do laboratório, pela amizade e por ajudar sempre que precisei! Lara, Ju, Ives, Silvana, Laís, Gabi, Dhara e Célia.

Ao Professor José Silvio Govone pela ajuda com as análises estatísticas.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro.

Muito obrigada!



1. RESUMO

Coptotermes gestroi é um cupim subterrâneo asiático introduzido no Brasil, responsável por severos danos econômicos em áreas urbanas. Como o manejo de uma praga só é eficiente com o conhecimento de sua biologia, o estudo do comportamento de colônias inteiras contribui para orientações futuras na prevenção e manejo desta espécie de cupim praga. Colônias de laboratório proporcionam uma oportunidade única de estudo, pois permitem um monitoramento a longo prazo, além de proporcionar uma ideia do que ocorre com estes insetos na natureza. Em vista do exposto, o objetivo principal deste estudo foi entender a dinâmica comportamental de colônias inteiras de *C. gestroi* por meio de bioensaios e, para isso, foram utilizadas colônias de *C. gestroi* de 3 a 7 anos de idade provenientes do laboratório de cupins da UNESP de Rio Claro. Experimentos com estas colônias permitiram entender a alocação de jovens e o movimento de reprodutores entre as diferentes fontes alimentares de uma colônia, bem como as necessidades hídricas de grupos de forrageiros e da colônia como um todo. O estudo relatado no capítulo 1 com colônias de 3 anos foi realizado para tentar compreender como ocorre, em colônias inteiras, a exploração de uma nova fonte alimentar, levando em consideração o tempo que os cupins levaram para descobrir a nova fonte e o número de indivíduos nos fluxos de um recipiente para outro. No capítulo 2 estão dispostos os dados relativos ao censo das populações das colônias mantidas por 6, 9 e 12 meses no laboratório. O estudo do capítulo 3 relata três tipos de experimentos realizados com colônias de 4, 5 e 6 anos e visou elucidar a transferência e o deslocamento da casta reprodutora, além do transporte de larvas e ovos, para outras fontes alimentares iguais ou diferentes. O capítulo 4 apresenta os dados de experimentos com colônias inteiras de 7 anos e pretendeu avaliar quais as necessidades hídricas destas colônias considerando o tempo que elas levaram para encontrar as fontes de água e o fluxo de indivíduos para estas fontes. Além disso, este capítulo também relata experimentos para compreender como ocorreu a aquisição de água por grupos de cupins forrageiros. Os resultados mostraram que colônias incipientes de *C. gestroi* investem mais em viagens curtas, sendo que nas distâncias menores o fluxo de cupins foi mais intenso na maioria das colônias. Os resultados dos censos das colônias mostraram que não ocorreu um padrão de desenvolvimento das populações, uma vez que estas mostraram diferentes tamanhos e crescimento. A alocação dos reprodutores foi mais

frequente em colônias mais velhas e parece ser influenciada pela fonte alimentar. Colônias inteiras de *C. gestroi* forragearam e exploraram as duas fontes hídricas extras, mostrando que esta espécie necessita de muita umidade para a sua sobrevivência. Os resultados mostraram ainda que forrageiros de *C. gestroi* são capazes de se reidratar após condições de estresse hídrico.

Palavras-chave: cupins, térmitas, comportamento colonial, forrageamento.

2. ABSTRACT

Coptotermes gestroi is an Asian subterranean termite introduced in Brazil, responsible for severe economic damages in urban areas. As the management of a pest is only efficient with the knowledge of its biology, the behavior study of complete laboratory colonies contributes to future orientations in prevention and management of this pest termite species. Laboratory colonies are an unique study opportunity, because they allow long term monitoring, and also give an idea of what occurs with these insects in nature. In view of that, the main objective of this study was to understand the behavior dynamics of complete colonies of *C. gestroi* through bioassays, and for that were used 3 to 7 years old colonies of *C. gestroi* from the termite laboratory of UNESP Rio Claro. Experiments with these colonies allowed understanding the allocation of brood and reproductives movement between the different food sources in a colony, as well as water requirements of foraging groups and of the complete colony. The study reported in chapter 1 with 3 years old colonies aimed to understand how the exploration of a new food source occurs in complete colonies, taking under consideration the time spent by termites to discover the new source and the number of individuals in the traffic between two recipients. In chapter 2 the data of population census of colonies kept for 6, 9 and 12 months in laboratory are ordered. The study of the chapter 3 reports three types of experiments with 4, 5 and 6 years old colonies and aimed to clarify the transference and movement of the reproductive caste, besides the transport of larva and eggs, to other similar or different food sources. Chapter 4 presents data of experiments with 7 years old complete colonies and intended to evaluate what are the water requirements of these colonies considering the time it took them to find water sources and individuals traffic to these sources. Additionally, this chapter also reports experiments to try understanding how water acquisition by foraging termites groups occurred. The results showed that incipient colonies of *C. gestroi* invest more in short trips, and in shorter distances termite traffic was more intense in most colonies. The colonies' census results showed that a pattern of development in the populations did not occurred, once these presented different sizes and growth. The allocation of reproductives was more frequent in older colonies and seems to be influenced by food source. Complete colonies of *C. gestroi* foraged and explored the two extra water sources, showing that this species needs a lot of humidity to its survival. Results

showed also that foraging individuals of *C. gestroi* are able to rehydrate themselves after conditions of water stress.

Key-words: termites, complete colonies, colonial behavior, foraging.

SUMÁRIO

1. Resumo	v
2. Abstract	vii
3. Introdução geral	12
3.1. Características do forrageamento dos cupins	14
3.2. Biologia de <i>Coptotermes gestroi</i>	15
4. Objetivo geral	19
5. Referências bibliográficas	19

CAPÍTULO 1. “Forrageamento de *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae): exploração de fonte alimentar alternativa”

20

1. Resumo	21
2. Introdução	22
3. Material e Métodos	24
4. Resultados	26
4.1. Dados populacionais	26
4.2. Período da descoberta da fonte alimentar alternativa	28
4.3. Fluxo de forrageiros.....	30
4.4. Alocação de castas	34
5. Discussão	36
5.1. Dados populacionais	36
5.2. Período da descoberta da fonte alimentar alternativa	37
5.3. Fluxo de forrageiros.....	38
5.4. Alocação de castas	39
6. Conclusões	40
7. Referências bibliográficas	41

CAPÍTULO 2. “Perfis demográficos de colônias inteiras de *Coptotermes gestroi* (Isoptera, Rhinotermitidae) após manipulação em laboratório

44

1. Resumo	45
2. Introdução	46
3. Material e Métodos	48

3.1. Experimento I: Forrageamento em fontes alimentares similares com duas câmaras	48
3.2. Experimento II: Forrageamento em fontes alimentares similares com colônias de 5 e 6 anos com três câmaras	48
3.2. Experimento III: Forrageamento em fontes alimentares diferentes com colônias de 5 e 6 anos com três câmaras	49
4. Resultados	52
4.1. Forrageamento com duas câmaras	52
4.1.1. Alimentos similares e colônias de 4 anos	52
4.2. Forrageamento com três câmaras	54
4.2.1. Alimentos similares e colônias de 5 anos	54
4.2.2. Alimentos similares e colônias de 6 anos	57
4.2.3. Alimentos diferentes e colônias de 5 anos	59
4.2.4. Alimentos diferentes e colônias de 6 anos	62
5. Discussão	65
6. Conclusões	68
7. Referências bibliográficas	69

CAPÍTULO 3. “Alocação de indivíduos no forrageamento de *Coptotermes gestroi* (Isoptera, Rhinotermitidae)”

1. Resumo	73
2. Introdução	74
3. Material e Métodos	75
3.1. Experimento I: Forrageamento em fontes alimentares similares com duas câmaras	75
3.2. Experimento II: Forrageamento em fontes alimentares similares com três câmaras com colônias de 5 e 6 anos	76
3.2. Experimento III: Forrageamento em fontes alimentares diferentes com três câmaras com colônias de 5 e 6 anos	76
4. Resultados	78
4.1. Forrageamento com duas câmaras	78
4.1.1. Alimentos similares e colônias de 4 anos	78
4.2. Forrageamento com três câmaras	80
4.2.1. Alimentos similares e colônias de 5 anos	80

4.2.2. Alimentos similares e colônias de 6 anos	82
4.2.3. Alimentos diferentes e colônias de 5 anos	84
4.2.4. Alimentos diferentes e colônias de 6 anos	86
5. Discussão	88
6. Conclusões	91
7. Referências bibliográficas	92
CAPÍTULO 4. “Necessidades hídricas: análise de colônias inteiras e grupos de cupins forrageiros de <i>Coptotermes gestroi</i> (Isoptera, Rhinotermitidae)”	94
1. Resumo	95
2. Introdução	97
3. Material e Métodos	99
3.1. Necessidades hídricas de colônias inteiras	99
3.2. Necessidades hídricas de grupos forrageiros	100
4. Resultados	102
4.1. Necessidades hídricas de colônias inteiras	102
4.2. Necessidades hídricas de grupos forrageiros	107
5. Discussão	113
6. Conclusões	116
7. Referências bibliográficas	117

INTRODUÇÃO GERAL

3. INTRODUÇÃO GERAL

Os cupins são insetos eussociais que vivem principalmente em regiões tropicais e estão organizados em colônias muito bem integradas. De acordo com Eggleton (2010) as colônias de cupins são entidades semelhantes a organismos com uma clara divisão de trabalho entre seus diferentes componentes.

Em geral, nas colônias de cupins existe um par de reprodutores primários, a rainha e o rei, que são originários de indivíduos alados que aparecem na época da revoada. Se ocorrer a morte desses reprodutores primários ou se a colônia crescer muito, podem aparecer reprodutores de substituição ou neotênicos, os quais estão aptos para assumir o papel do par real (COSTA-LEONARDO, 2002).

Em contraste com estas castas potencialmente reprodutivas, a colônia é dominada numericamente por indivíduos estéreis, os operários e os soldados, que podem ser de ambos os sexos. Os operários constituem a casta mais numerosa e são menos esclerotizados, enquanto que os soldados, devido ao fato de estarem engajados na defesa, apresentam fortes mandíbulas e cabeça esclerotizadas (KRISHNA; WEESNER, 1970).

De acordo com Wilson (1971), no comportamento dos insetos eussociais há um sistema elaborado de alocação de tarefas. Contudo, há poucos estudos sobre o comportamento dos cupins, principalmente porque a maioria das espécies vive cripticamente em ninhos, o que torna sua observação em condições naturais bastante difícil. Mais ainda, se for considerada a observação do comportamento de colônias inteiras.

A base da alimentação dos cupins é a celulose, sendo que existem espécies que se alimentam de madeiras em vários estágios de decomposição, raízes, sementes, serapilheira e até mesmo húmus (LEE; WOOD, 1971; LIMA; COSTA-LEONARDO, 2007). Adicionalmente, os cupins são conhecidos como importantes decompositores, especialmente nos ecossistemas tropicais e subtropicais (LEE; WOOD, 1971). Contudo, esses insetos são mais conhecidos pelo seu potencial como praga (COSTA-LEONARDO, 2002).

Os cupins estão agrupados na infraordem Isoptera que atualmente é constituída por 9 famílias: Mastotermitidae, Hodotermitidae, Archotermopsidae, Stolotermitidae, Kalotermitidae, Stylotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae e Termitidae (ENGEL, 2011; KRISHNA et al., 2013). Atualmente existem 2882 espécies de cupins descritas, sendo

que 562 são provenientes da região Neotropical (CONSTANTINO, 2013). A família Rhinotermitidae compreende os cupins conhecidos como subterrâneos, porque os ninhos são geralmente encontrados sob o solo. Os cupins desta família são caracterizados por seus hábitos crípticos e considerados os maiores responsáveis por danos econômicos em áreas urbanas da região Sudeste do Brasil. Os gêneros mais comuns são *Coptotermes* e *Heterotermes* (COSTA-LEONARDO, 2002). *Coptotermes* engloba o maior número de espécies-praga descritas e é o gênero causador de grandes prejuízos econômicos (SU; SCHEFFRAHN, 1998). Segundo Evans et al. (2013), as 28 espécies de cupins consideradas invasoras sempre apresentam três características comuns que as definem: o tipo de alimentação, o tipo de ninho e uma maior capacidade de produzir reprodutores secundários.

3.1. Características do forrageamento dos cupins

A maioria das espécies de cupins busca o alimento por meio de túneis escavados no solo ou na madeira ou construídos nas superfícies externas (WOOD, 1978). Os ninhos de cupins e as estratégias de forrageamento estão diretamente conectados (NOIROT; DARLINGTON, 2000). Baseado na sua ecologia, principalmente no que se refere aos hábitos de nidificação e alimentação, os cupins podem ser divididos em dois grupos. O primeiro grupo possui o tipo de ninho mais primitivo, que corresponde ao “ninho de uma peça”, ou seja, aquele no qual uma colônia inteira vive e se alimenta dentro de uma única fonte alimentar. O segundo grupo possui o ninho do tipo “múltiplas peças”, ou seja, aquele em que os cupins constroem ninhos distintos de suas fontes alimentares (ABE, 1987; KORB, 2008). Cupins com ninhos separados podem ter sua população ocupando uma única região do núcleo (monocalismo ou monodomia) ou distribuída em vários locais ou “cálies” (policalismo ou polidomia) (CROZIER; PAMILO 1996). Em cupins com ninhos “múltiplas peças” normalmente aceita-se que a atividade da colônia está centrada ao redor de um ninho principal que contém reprodutores e cria. Estes cupins também forrageiam simultaneamente em diferentes alimentos (EVANS, 2002; COSTA-LEONARDO, 2008). As publicações sobre a distribuição das castas de cupins subterrâneos por entre as diferentes fontes alimentares são escassas e se restringem aos trabalhos de Long e Thorne (2006a, 2006b) realizados com *Reticulitermes flavipes*.

Os cupins subterrâneos são muito suscetíveis à dessecação, sendo a água essencial para a manutenção do microambiente do ninho e para as atividades de construção. De acordo com Pearce (1997) a água é requerida para várias funções desenvolvidas pelos cupins, entre

elas, a construção dos ninhos, tunelamentos no solo, regulação de temperatura e até para a alimentação das castas dependentes e jovens.

3.2. Biologia de *Coptotermes gestroi*

Coptotermes gestroi (Wasmann, 1896) é comumente conhecido como cupim subterrâneo asiático. Esta espécie é nativa do Sudeste Asiático (Índia, Birmânia, Tailândia, Malásia e Indonésia) e foi introduzida pelo homem em muitas regiões fora da sua área de origem, incluindo Polinésia Francesa, Madagascar, Ilha Maurício, Ilhas Reunião, Ilhas do Caribe, Estados Unidos, México, Austrália, Brasil e Itália (SCHEFFRAHN; SU, 2000; COSTA-LEONARDO, 2002; JENKINS et al., 2007; EVANS, et al, 2013).

C. gestroi é uma importante espécie-praga de edifícios e estruturas, tanto na sua área de distribuição natural (YEAP et al., 2007; LEE, 2007) quanto nas regiões onde foi introduzido pelo homem (JENKINS et al., 2007). Na Índia é também uma importante praga de cana-de-açúcar e de mais 35 espécies de diferentes plantas vivas. Segundo Scheffrahn e Su (2011), disseminações por navios é o meio mais provável da introdução do cupim *C. gestroi* em novas áreas.

Colônias de *C. gestroi* com 6 anos de idade já produzem reprodutores alados (COSTA-LEONARDO et al., 2005) e suas revoadas na Região Sudeste do Brasil ocorrem, geralmente, nos meses de agosto e setembro, entre 18 e 19 horas (COSTA-LEONARDO, 2008). Porém, podem ser observados vôos esporádicos em outros meses, nos quais o número destes reprodutores é sempre inferior ao das revoadas de agosto ou setembro (COSTA-LEONARDO, 2002). Em colônias maduras, as populações destes insetos atingem mais de 1 milhão de indivíduos e possuem áreas imensas de forrageamento, uma vez que seus forrageiros podem percorrer distâncias lineares de mais de 100 metros (COSTA-LEONARDO, 2008).

C. gestroi constrói seu ninho separado de suas fontes alimentares e estes ninhos podem ser subterrâneos ou aéreos. Os ninhos aéreos podem ser construídos em poços de ventilação e caixas de eletricidade e em espaços estruturais de prédios e edificações (FONTES; ARAÚJO, 1999; COSTA-LEONARDO, 2008). Nas áreas urbanas do Brasil, colônias de *C. gestroi* também mostram infestações mistas, ou seja, constituídas tanto por ninhos subterrâneos como aéreos (MILANO; FONTES, 2002). O ninho de *C. gestroi* é rico em lignina, apresentando um aspecto de papelão, e por isso é denominado cartonado (LELIS, 1995; COSTA-LEONARDO et al., 1999; COSTA-LEONARDO, 2008). Nas colônias deste cupim a população pode estar

distribuída entre os vários ninhos conectados, já que existe policalismo nesta espécie. Além disso, há um movimento de indivíduos entre as diversas “cálies” e as várias fontes alimentares. Em cupins subterrâneos admite-se que a colônia pode mover-se em resposta a perturbações, tais como esgotamento da fonte alimentar, competição, predação ou condições ambientais não favoráveis (LONG et al., 2003; LONG; THORNE, 2006a). Porém, o fluxo de operários entre as fontes alimentares de uma colônia é muito pouco conhecido.

Espécies invasoras, como *C. gestroi*, podem causar impactos ambientais nos ecossistemas onde são introduzidas porque ocupam o nicho de outras espécies, não encontram predadores e assim, desequilibram o ambiente (RANDALL, 1994). Adicionalmente, estas espécies podem também apresentar comportamento diverso daquele do seu ambiente de origem. Espécies alienígenas que invadem com sucesso novos ecossistemas frequentemente atingem níveis populacionais que excedem o que é comumente encontrado em seus ecossistemas nativos (CORNELIUS; OSBRINK, 2000).

Cupins subterrâneos, como *C. gestroi*, são xilófagos, ou seja, atacam madeira e outros materiais celulósicos em áreas urbanas e por isso são importantes do ponto de vista econômico. Este cupim exótico causa grande prejuízo econômico na região costeira do Brasil, principalmente nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro (LELIS, 1994; COSTA-LEONARDO, 2002). Estruturas de madeira e árvores vivas têm sido severamente danificadas por esta espécie em áreas urbanas, sendo que somente na cidade de São Paulo, as perdas com tratamentos, reparos e substituições de peças atacadas variam de US\$ 10 a 20 milhões anuais (MILANO; FONTES, 2002). O custo envolvido no controle de cupins subterrâneos nas edificações da cidade de São Paulo avaliadas pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) em 2005 foi de R\$ 7,9 milhões, considerando as etapas de inspeção e/ou tratamento químicos (ROMAGNANO; NAHUZ, 2006).

O real prejuízo causado em meio urbano no Brasil é ainda desconhecido, já que são estimados altos custos nos tratamentos preventivos e curativos e os gastos resultantes da perda e reposição de materiais atacados ainda são subestimados. Além de ser o cupim-praga mais danoso em cidades do Sudeste, *C. gestroi* também é responsável por quedas de árvores, provocando acidentes após tempestades. Como o manejo de uma praga só é eficiente com o conhecimento de sua biologia, o comportamento de colônias inteiras deve resultar em orientações futuras para a prevenção e o controle desta praga urbana.

4. OBJETIVO GERAL

O principal objetivo deste estudo foi entender a dinâmica comportamental de colônias inteiras de *Coptotermes gestroi* de diferentes idades frente a fontes hídricas e a diferentes fontes alimentares.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, T. Evolution of life types in termites. In: KAWANO, S.; CONNELL, J.H.; HIDAKA, T. (Eds.). **Evolution and Coadaptation in Biotic Communities**, pp. 125-148. University of Tokyo press, Tokyo, 1987.

CONSTANTINO, R. *On-Line Termites Database*. Disponível em: <<http://www.unb.br/ib/zoo/docente/constant/catal/catnew.html>>. Acesso em: 10. ago. 2013.

CORNELIUS, M. L.; OSBRINK, W. L. A. Interspecific interactions between *Coptotermes formosanus* and *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae) in laboratory bioassays. **Journal Insect Behavior**, v. 13, n. 5, p.757-770, 2000.

COSTA-LEONARDO, A.M. **Cupins-Praga: Morfologia, Biologia e Controle**. A. M. Costa-Leonardo (Ed.), Rio Claro, 128 p., 2002.

_____. Dinâmica do forrageamento em cupins subterrâneos. In: VILELA, E.F.; SANTOS, I.A.; SCHOEREDER, J.H.; SERRÃO, J.E.; CAMPOS, L.A.O.; LINO-NETO, J. (Eds.). **Insetos Sociais. Da biologia à Aplicação**. pp. 347-358, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008.

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

COSTA-LEONARDO, A.M.; ARAB, A.; HERTEL, H. Note about the first swarming in a laboratory colony of *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, v. 45, n.1, p. 137-139, 2005.

CROZIER, R.H.; PAMILO, P. Evolution of social insect colonies; sex allocation and kin selection. **Oxford University Press**, New York, 1996.

EGGLETON, P. An introduction to termites: biology, taxonomy and functional morphology. In: BIGNELL, D.E.; ROISIN, Y.; LO, N. (Eds.). **Biology of termites: A modern synthesis**, pp. 1-26. Springer, New York, 2010.

ENGEL, M.S. **Family-group names for termites (Isoptera), redux**. ZooKeys, v.148, p. 171-184, 2011.

- EVANS, T.A. Tunnel specificity and forager movement in subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae and Termitidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 92, p. 193-201, 2002.
- EVANS, T.A.; FORSCHLER, B.T.; GRACE, J.K. Biology of Invasive Termites: A Worldwide Review. **Annual Review Entomology**, v.58, p. 455-474, 2013.
- FONTES, L.R.; ARAÚJO, R.L. Os cupins. In: MARICONI, F.A.M. (Cord). **Insetos e outros invasores de residências**. Piracicaba, SP: FEALQ, v.6, p. 35-90, 1999.
- JENKINS, T.M.; JONES, S.C.; LEE, C.-Y. ; FORSCHLER, B.T. ; CHEN, Z. ; LOPEZ-MARTINEZ, G. ; GALLAGHER, N.T.; BROWN, G.; NEAL, M.; THISTLETON, B.; KLEINSCHMIDT, S. Phylogeography illuminates maternal origins of exotic *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 42, p. 612-621, 2007.
- KORB, J. The Ecology of Social Evolution in Termites. In: KORB, J.; HEINZE, J. **Ecology of Social Evolution**, p. 151-174, 2008.
- KRISHNA, K.; WEESNER, F.M. **Biology of Termites**. Vol. I-II. New York: Academic Press, 1969 – 1970.
- KRISHNA, K.; GRIMALDI, D.A.; KRISHNA, V.; ENGEL, M.S. Treatise on the Isoptera of the world. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, n. 377, 2704 pp., 2013.
- LEE, C.Y. Perspective in Urban Insect Pest Management in Malaysia. **Vector Control Research Unit**, Universiti Sains Malaysia. 104 pp., 2007.
- LEE, K.E.; WOOD, T.G. **Termites and Soils**. London: Academic Press, 251 p., 1971.
- LELIS, A.T. Termite problem in São Paulo city – Brazil. In: LENOIR, A.; ARNOLD, G.; LEPAGE, M. **Les insects sociaux**. Paris: Université Paris Nord. Trabalho apresentado no 12º Congress of the International Union for the Study of Social Insects – IUSSI. 1994, 253 p.
- LELIS, A.T.A. A nest of *Coptotermes havilandi* (Isoptera, Rhinotermitidae) off ground level, foun in the 20th story of a buildig in the city of São Paulo, Brazil. **Sociobiology**, v.26, p. 241-245, 1995.
- LIMA, J.T., COSTA-LEONARDO, A.M. Recursos alimentares explorados pelos cupins. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 243-250, 2007.
- LONG, C.E.; THORNE, B.L. Resource fidelity, brood distribution and foraging dynamics in complete laboratory colonies of *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Ethology, Ecology & Evolution**, v. 18, p. 113-125, 2006a.

LONG, C.E.; THORNE, B.L. Home is where the heart is. Resource fidelity and brood distribution in laboratory colonies of eastern subterranean termites. **Termite Control**, p. 62-68, 2006b.

LONG, C.E.; THORNE, B.L.; BREISCH, N.L. Termite colony ontogeny: a long-term assessment of reproductive lifespan, caste ratios and colony size in *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 93, p. 439-445, 2003.

MILANO, S.; FONTES, L.R. **Cupim e cidade. Implicações ecológicas e controle.** Conquista Artes Gráficas, São Paulo, 2002, 141p.

NOIROT, C.; DARLINGTON, J.P.E.C. Termite nests: architecture, regulation and defense. In: ABE, T., BIGNELL, D.E., HIGASHI, M. (Eds.). **Termites: Evolution, sociality, symbioses, ecology.** London: Kluwer Academic Press, p. 121-139, 2000.

PEARCE, M.J. Termites: **Biology and Pest Management.** New York and London: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. p. 54, 1997.

RANDALL, J.M.; **California exotic pest plant council.** President's Column, n.2, 2p., 1994.

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

SCHEFFRAHN, R.H.; SU, N.-Y. Asian subterranean termite, *Coptotermes gestroi* (= *havilandi*) (Wasmann) (Insecta : Isoptera : Rhinotermitidae). **Institute of Food and Agricultural Sciences**, University of Florida, Gainesville, 2000.

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

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

WOOD, T.G. Food and feeding habits of termites. In: BRIAN, M.V. (Ed.). **Production Ecology of Ants and Termites.** Cambridge: Cambridge University Press, p. 55-80, 1978.

YEAP, B.K.; OTHMAN, A.S.; LEE, V.S.; LEE, C.Y. Genetic relationship between *Coptotermes gestroi* and *Coptotermes vastator* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal Economic Entomology**, v. 100, n. 2, p. 467-474, 2007.

CAPÍTULO 1

“Forrageamento de *Coptotermes gestroi* (Isoptera, Rhinotermitidae): exploração de fonte alimentar alternativa”

1. RESUMO

Coptotermes gestroi é uma espécie exótica no Brasil responsável por grandes prejuízos econômicos em áreas urbanas. Este cupim subterrâneo constrói ninhos policólicos e forrageia em vários itens alimentares ao mesmo tempo. Assim, no presente estudo foram realizados diferentes experimentos com colônias de 3 anos de *C. gestroi* para compreender como colônias inteiras exploram uma nova fonte alimentar, levando-se em consideração o tempo que os cupins demoraram para descobrir uma nova fonte e o número de indivíduos que se movimentam de um alimento para outro. Para isso foram realizados testes com dois recipientes de 145 mL (A e B) conectados por um tubo, sendo que o recipiente A foi preenchido com 50 mL de serragem umedecida de *Pinus*, e o recipiente B com uma matriz de areia umedecida sobre a qual foi colocado um bloco de *Pinus elliottii*. Este experimento envolveu 12 repetições, sendo que quatro delas foram realizadas com um tubo de 0,5 m conectando as câmaras A e B, quatro com um tubo de 1,5 m, e quatro com um tubo de 3 m. Os resultados evidenciam que o período que as colônias levaram para encontrar a nova fonte alimentar foi bastante variável, contudo na menor distância todas as fontes alimentares alternativas foram encontradas. Os resultados mostram que colônias incipientes de 3 anos de *C. gestroi* investem mais em viagens curtas. Já em consideração ao fluxo total de cupins (operários e soldados), os dados mostram diferença significativa em relação às diferentes distâncias dos conectores dos recipientes A e B, sendo que nas distâncias menores o fluxo de insetos foi maior na maioria das colônias estudadas. Em todas as colônias o casal de reprodutores deslocou-se para o tubo conector ou para o recipiente B.

Palavras-chave: cupins; alimento; alocação de castas; colônias inteiras

2. INTRODUÇÃO

Em cupins subterrâneos, como *Coptotermes gestroi*, a atividade de deixar o ninho para procurar alimento recebe o nome de forrageamento (COSTA-LEONARDO, 2008). O processo de forrageamento é dinâmico e pode mudar dependendo da quantidade de recursos alimentares disponíveis e dos requerimentos da colônia (GRACE; CAMPORA, 2005). Em térmitas, o comportamento de forrageamento é sempre coletivo, com base na integração das diversas estratégias de comunicação, sendo que a comunicação química é a mais importante (BORDEREAU; PASTEELS, 2011). Nos insetos sociais, principalmente em formigas e cupins, muitos mecanismos evoluíram para tornar o recrutamento mais eficiente e, assim, recrutar mais indivíduos para a coleta de alimentos e construção do ninho (MALAKA; LEUTHOLD, 1986). Normalmente aceita-se que a atividade das colônias de cupins subterrâneos está centrada ao redor de um ninho principal que contém reprodutores e cria. Além disso, estes cupins forrageiam simultaneamente em diferentes alimentos (EVANS, 2002; COSTA-LEONARDO, 2008).

O forrageamento em cupins é um procedimento social (TRANIELLO; BUSCHER, 1985; OLUGBEMI; MALAKA, 1994) no qual as atividades de centenas ou milhares de indivíduos são coordenadas pelos feromônios de trilha, que estimulam os forrageiros a deixar o ninho e orientá-los para encontrar uma fonte de alimento (OLUGBEMI, 2010). Feromônios de trilha são depositados pelas glândulas esternais dos operários e faz com que o comportamento de recrutamento seja realizado (STUART, 1969; COSTA-LEONARDO, 2008). Olugbemi e Malaka (2007) relataram a utilização de feromônios pelos cupins para comunicar a presença e a localização do alimento aos companheiros de ninho, que foram, conseqüentemente, recrutados para o local da fonte alimentar. Assim, o padrão de reforço da trilha é determinado pelo sistema de tomada de decisão utilizado durante o processo de recrutamento (JAFFE et al. 1985).

O estabelecimento de trilhas de forrageamento dos cupins subterrâneos em busca de alimento começa sempre com uma fase exploratória, seguida do recrutamento de companheiros do ninho para explorar a fonte de alimento encontrada (BORDEREAU; PASTEELS, 2011). Durante a fase de exploração a trilha é executada de forma pontuada, ou seja, com intervalos entre os pontos de deposição, enquanto que a trilha de recrutamento é

depositada de forma contínua do alimento até o ninho (REINHARD; KAIB, 2001). Traniello et al. (1994) estabeleceram que as atividades de exploração foram realizadas aleatoriamente pelos operários do gênero *Reticulitermes*. Posteriormente, estas trilhas resultaram no recrutamento de outros operários do ninho para a fonte de alimento. Oloo e Leuthold (1979) também descreveram que operários de *Trinervitermes bettonianus* localizam alimentos por exploração aleatória, e assim, recrutam outros indivíduos do ninho para a fonte alimentar. Alguns estudos indicam que os soldados de algumas espécies de Isoptera, principalmente os da subfamília Nasutitermitinae, têm um papel mais ativo no forrageamento (TRANIELLO; BUSCHER, 1985).

Em colônias de cupins subterrâneos, como é o caso de *C. gestroi*, o fluxo de operários entre as fontes alimentares é muito pouco conhecido. Os estudos de Robson et al. (1995) mostram que o padrão para a procura de alimento em *Reticulitermes flavipes* não é ao acaso, pois estes insetos constroem túneis de exploração que dividem a área de busca. O mesmo padrão foi encontrado por Arab e Costa-Leonardo (2005) para as espécies *Heterotermes tenuis* e *C. gestroi*. Segundo os referidos autores, os túneis construídos pelos operários de ambas as espécies estudadas mostraram uma distribuição de alta dispersão, mesmo na presença de alimentos. Os túneis foram distribuídos de uma forma que maximizou a distância angular entre eles, minimizando a superposição de túneis da área explorada. Muitos pesquisadores afirmam que a atividade de uma colônia é centrada em torno de uma câmara principal rica em recursos, contendo reprodutores e crias. Porém, é escasso o conhecimento sobre a distribuição espacial de castas dentro de redes subterrâneas de alimentação (LONG; THORNE, 2006) e sobre o forrageamento de colônias inteiras dos cupins subterrâneos. Em vista do exposto, este estudo pretendeu elucidar como ocorre o recrutamento de forrageiros diante de uma fonte alimentar alternativa e verificar se a distância até esta fonte alimentar influencia o recrutamento de forrageiros. Assim, objetivou-se responder as seguintes questões: A distância influencia o deslocamento dos indivíduos de uma colônia de *C. gestroi* para uma fonte alimentar alternativa? Colônias maiores encontram a fonte alimentar primeiro? Como ocorre o fluxo de forrageiros para uma nova fonte de alimento?

3. MATERIAL E MÉTODOS

Cupins: As colônias de *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896) utilizadas no presente estudo foram formadas a partir de reprodutores alados coletados durante revoada ocorrida em 2008. Estes reprodutores foram sexados em laboratório, pareados e colocados para desenvolverem colônias em placas de Petri plásticas (6 cm de diâmetro). Após 1 ano as colônias foram transferidas para recipientes plásticos descartáveis de 145 mL. O alimento fornecido foi serragem de *Pinus* sp. envelhecida e umedecida, sendo que as colônias foram mantidas em sala climatizada com temperatura de $25 \pm 3^\circ\text{C}$.

Bioensaios: Para o desenvolvimento do presente estudo foram utilizados dois recipientes plásticos de 145 mL (A e B) conectados por um tubo plástico transparente de 0,5 cm de diâmetro. O recipiente A foi preenchido com 50 mL de serragem de *Pinus* sp. envelhecida e umedecida e o recipiente B com uma matriz de areia umedecida, sobre a qual foi colocado um bloco de *Pinus elliottii*, com 27 cm^3 de volume (3cm x 3cm x 3cm). A areia utilizada foi previamente esterilizada em estufa durante 48 horas a 70°C . Neste experimento foram realizadas 12 repetições com colônias incipientes de laboratório de três anos de idade, sendo que quatro repetições foram realizadas com um tubo plástico de 0,5 m conectando as câmaras A e B, quatro com tubo de 1,5 m, e mais quatro com tubo de 3 m de comprimento (Figura 1). Previamente à colocação da população da colônia no recipiente A, foi realizado um censo da mesma para levantamento do número de indivíduos das diversas castas e ínstares (casal real, operários, soldados, pré-soldados, jovens). Na ocasião do censo, a rainha foi pesada individualmente para se estimar a fisogastría da mesma.

Para a avaliação da exploração da nova fonte alimentar foi computado o tempo que os cupins levaram para descobrir a nova fonte alimentar. Para isso, os bioensaios foram inspecionados diariamente. Após a descoberta da fonte alimentar alternativa, foi observado o fluxo de indivíduos nos tubos conectores durante 10 minutos diários e por um período de 7 dias para avaliar o recrutamento dos operários. Estes bioensaios foram desenvolvidos em sala ambiente, no escuro e com temperatura controlada ($25 \pm 3^\circ\text{C}$) e duraram 18 meses. A umidade dos recipientes, tanto na serragem como na areia, foram mantidas por meio da adição de 1 mL de água destilada a cada 7 dias.

Para a análise dos dados de fluxo de forrageiros foi realizado um teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste *a posteriori* de Student-Newman-Keuls ($\alpha = 0,05$). A correlação de

Pearson foi utilizada para relacionar a população total das colônias de *C. gestroi* com o tempo que as mesmas demoraram para encontrar a fonte alimentar.

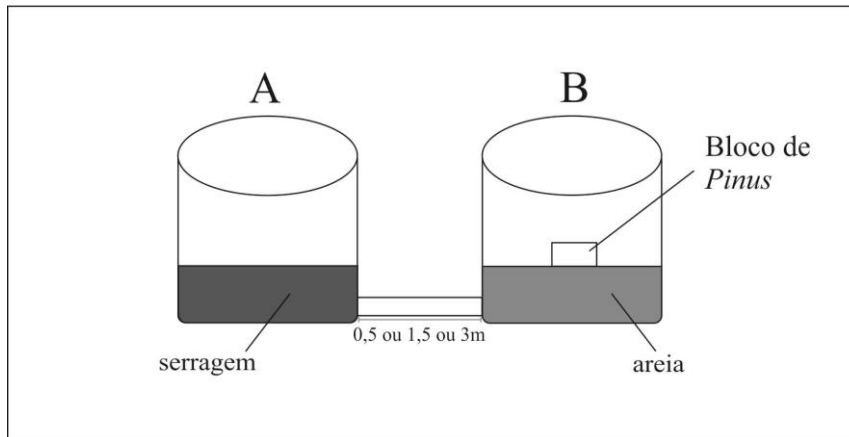


Figura 1 - Esquema do experimento referente a exploração de fonte alimentar alternativa.

4. RESULTADOS

4.1. Dados populacionais

Os dados do censo prévio da população das 12 colônias de *Coptotermes gestroi* utilizadas neste experimento estão dispostos na Tabela 1. Este censo mostrou que 50% das colônias apresentaram larvas, 100% continham soldados, 25% pré-soldados e em 41,6% foram observados ovos. Já o censo realizado com as 7 colônias sobreviventes, após o término dos experimentos (Tabela 2) mostrou que 57% delas apresentaram larvas, 43% pré-soldados e 86% ovos. Os pesos das rainhas antes e após o período experimental estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 1 – Censo prévio da população das colônias de *Coptotermes gestroi*.

Colônias	Larvas	Operários	Pré-soldados	Casal	Soldados	Total	Nº de ovos
1	-	225	-	+	41	268	-
2	-	92	-	+	13	107	-
3	4	127	-	+	13	146	12
4	-	154	-	+	10	166	-
5	4	288	-	+	29	323	1
6	-	74	-	+	10	86	-
7	3	187	-	+	18	210	-
8	2	129	1	+	10	144	17
9	6	151	2	+	12	173	12
10	-	144	-	+	11	157	-
11	-	92	-	+	10	104	-
12	2	229	2	+	20	255	62

+ presença

Tabela 2 – Censo da população das colônias de *Coptotermes gestroi* após 18 meses.

Distância entre os recipientes	Colônias	Larvas	Operários	Pré-soldados	Casal	Soldados	Total	Nº de ovos
0,5m	1	3	588	-	+	52	643	2
	2	7	303	1	+	37	348	241
	3	-	71	-	+	15	86	-
	4	4	298	1	+	48	351	271
1,5m	5	30	510	7	+	62	609	228
	8	-	149	-	+	31	180	178
3,0m	9	-	166	-	+	24	190	244

+ presença

Observação: As colônias 6, 7, 10, 11 e 12 não sobreviveram até a data do 2º censo.

O censo prévio mostrou que 42% das colônias possuíam ovos variando de no mínimo 1 a no máximo 62 (Tabela 1). O censo após o período experimental das 7 colônias restantes mostrou que 86% das colônias tinham ovos, sendo que apenas na colônia 3 estava ausente. O número de ovos após período experimental variou de 2 até 271 (Tabela 2).

Tabela 3 – Peso das rainhas das colônias de *C. gestroi* antes e após experimentação.

Colônias	Peso prévio (g)	Peso após bioensaio (g)
1	0,0080	0,0084
2	0,0074	0,0102
3	0,0073	0,0066
4	0,0060	0,0109
5	0,0079	0,0139
6	0,0078	-
7	0,0077	-
8	0,0066	0,0122
9	0,0071	0,0116
10	0,0073	-
11	0,0060	-
12	0,0064	-

Os dados do censo populacional mostraram que 89% das colônias mostraram um aumento no número de indivíduos (Figura 2). A colônia 3 foi uma exceção, pois mostrou um decréscimo no número populacional.

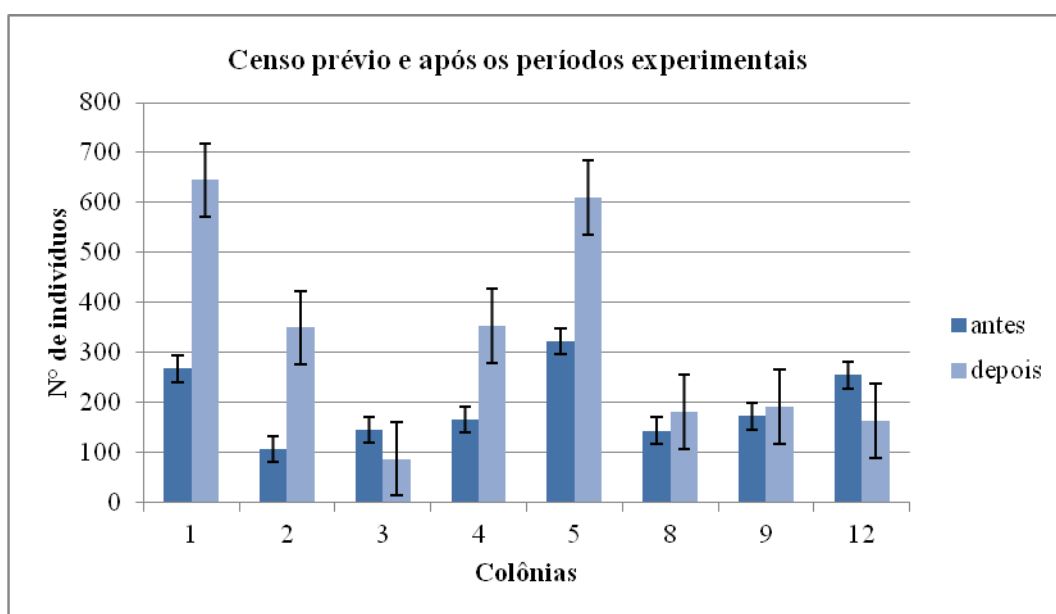


Figura 2 – Censo prévio e após o período de experimentação das colônias de *Coptotermes gestroi*.

Os dados dos pesos das rainhas das sete colônias sobreviventes mostraram que em 89% das colônias as reprodutoras ganharam peso (Figura 3). Somente na colônia 3 a rainha apresentou uma redução no peso.

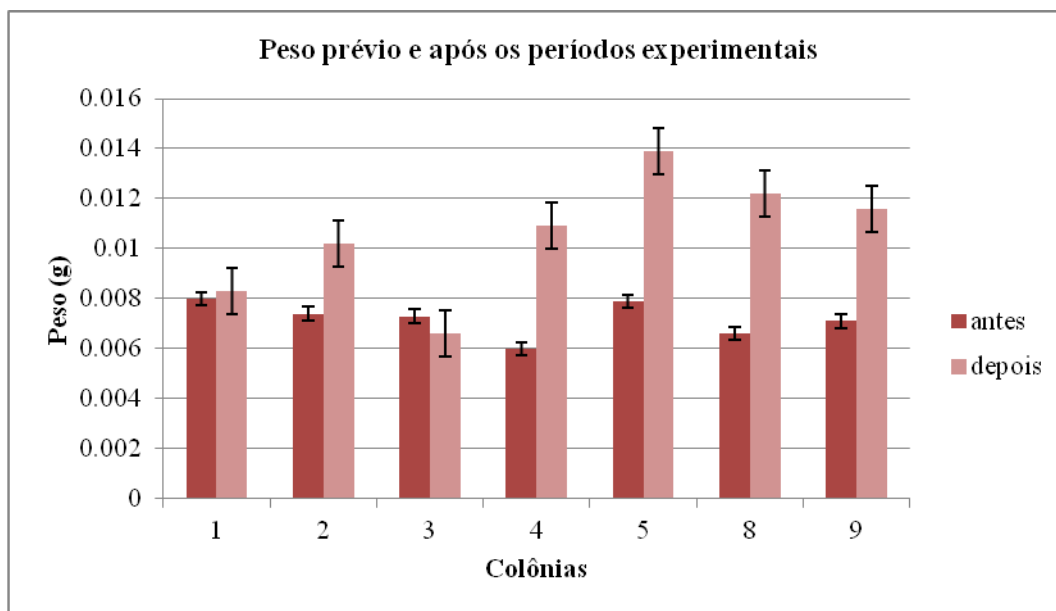


Figura 3 – Peso das rainhas de *Coptotermes gestroi* antes e após o período de experimentação.

4.2. Período de descoberta da fonte alimentar alternativa

A nova fonte alimentar, representada por um bloco de madeira, foi encontrada pelos cupins nas quatro repetições (colônias 1, 2, 3 e 4) em que a distância entre os recipientes A e B era de 0,5 m (Figura 4A), em duas repetições (colônias 5 e 8) em que a distância entre os recipientes era de 1,5 m (Figura 4B) e em duas repetições (colônias 9 e 12) em que a distância entre os recipientes A e B era de 3,0 m (Figura 4C).

A Tabela 4 mostra o tempo (em dias) que as colônias levaram para o encontro da nova fonte alimentar após a colocação de toda a população da colônia na câmara A (“câmara de soltura”). O tempo requerido para encontrar a nova fonte alimentar foi bastante variável para cada colônia estudada, com a demanda de no mínimo 55 dias e no máximo 328 dias para a mesma distância (Tabela 4). Contudo, na menor distância percorrida todas as fontes alimentares alternativas foram encontradas.

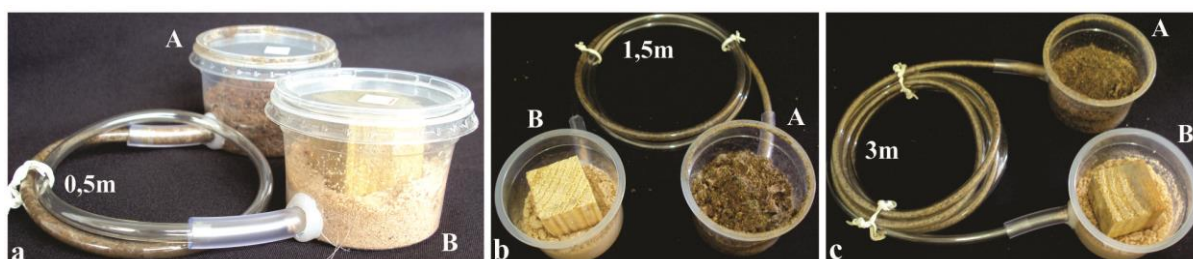


Figura 4 - Ilustração dos experimentos mostrando a conexão entre as câmaras A e B. a. 0,5 m. b. 1,5 m. c. 3,0 m

Tabela 4 – Tempo (dias) que as colônias de *Coptotermes gestroi* levaram para encontrar a nova fonte alimentar.

Colônias	D	Tempo (dias)	Após 18 meses
1	0,5 m	55	S
2		328	S
3		64	S
4		109	S
5	1,5m	180	S
6		Não foi encontrada	M
7		Não foi encontrada	M
8		295	S
9	3,0m	237	S
10		Não foi encontrada	M
11		Não foi encontrada	M
12		322	M

D = distância entre as câmaras; S = sobrevivência; M = morte

A Figura 5 evidencia a falta de correlação entre a população total inicial das colônias de *C. gestroi* e o tempo que elas demoraram para encontrar a fonte alimentar ($r = -0,2257$ e $P = 0,5909$).

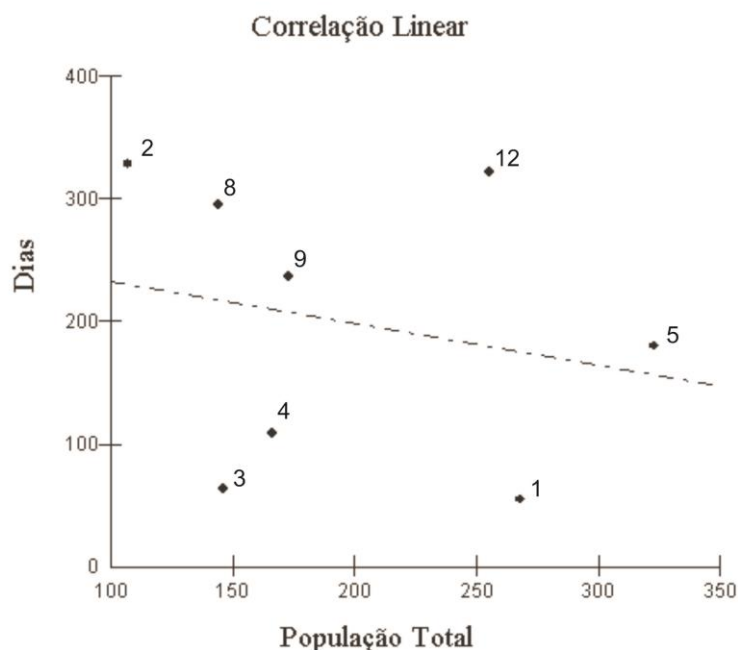


Figura 5 – Correlação entre a população inicial da colônia e período de encontro da fonte alimentar. Todas as colônias estão indicadas pelos números, exceto as que morreram antes do término do experimento.

4.3. Fluxo de forrageiros

Com relação ao fluxo de forrageiros (operários + soldados) observados diariamente durante 10 minutos (Figura 6), obteve-se uma média de 65 indivíduos indo para o recipiente B (fonte alimentar alternativa) e de 83 indivíduos voltando para o recipiente A (câmara de “soltura”) na colônia 1. A análise dos dados mostrou que houve diferença significativa entre o número de forrageiros indo para a fonte alimentar alternativa e o número de forrageiros voltando para a câmara de soltura ($P = 0,0301$). Além disso, para a colônia 1, no segundo dia de observação, o casal de reprodutores foi visto saindo do recipiente B e indo para o recipiente A, e no quarto dia de observação o macho reprodutor foi visto saindo do recipiente B e indo para o A. Portanto, ocorreu um deslocamento dos reprodutores entre as câmaras. Ainda com relação à colônia 1, foi observado também que alguns operários transportavam ovos de B para A e de A para B, no primeiro, no quarto e no sexto dias de observação. Para a colônia 2, observou-se um fluxo médio de 176 indivíduos indo para o recipiente B e de 154 indivíduos voltando para o recipiente A (Figura 6), sendo que os dados de fluxo para esta colônia não apresentaram diferença significativa entre a ida e a volta ($P = 0,2702$). Para a colônia 3, o fluxo médio observado foi de 38 forrageiros indo para o recipiente B e de 43 forrageiros voltando para o recipiente A, sendo que, mais uma vez, não houve diferença

significativa entre a ida e a volta ($P = 0,4551$). Com relação à colônia 4, o número médio de indivíduos indo para o recipiente B foi de 64, e de 57 indivíduos voltando para o recipiente A. Adicionalmente verificou-se que os dados de fluxo para esta colônia também não apresentaram diferença significativa entre a ida e a volta ($P = 0,3525$). O fluxo de indivíduos para a colônia 5 foi, em média, de 42 indivíduos indo para o recipiente B e de 65 indivíduos voltando para o recipiente A, sendo observada uma diferença significativa entre o fluxo de ida e de volta ($P = 0,0194$). Além disso, para a colônia 5, no segundo dia de observação, o casal de reprodutores também foi visto saindo do recipiente B e indo para o recipiente A. O fluxo de operários para a colônia 8 foi, em média, de 16 indivíduos indo para o recipiente B e de 40 indivíduos voltando para o recipiente A e mais uma vez observou-se diferença significativa para os dados de fluxo de ida e volta desta colônia ($P = 0,0180$). Além disso, para a colônia 8, no primeiro dia de observação, foi observado o transporte de ovos pelos operários, sendo que foram transportados 5 ovos para o recipiente A e 15 ovos para o recipiente B. Já para a colônia 9, o número médio de indivíduos indo para o recipiente B foi de 6 cupins e de 5 indivíduos voltando para o recipiente A. Os dados de fluxo para esta colônia não apresentaram diferença significativa entre a ida e volta ($P = 0,3454$). Finalmente, para a colônia 12, o fluxo médio foi de 20 indivíduos indo para o recipiente B e de 33 indivíduos voltando para o recipiente A, sem nenhuma diferença significativa entre os fluxos de ida e de volta ($P = 0,4817$).

A análise dos dados permitiu também verificar se houve diferença no fluxo entre as colônias estudadas (Tabela 6). O número de indivíduos indo para o recipiente B foi maior nos experimentos em que a distância entre as duas câmaras era menor (Figura 6). Na colônia 1, o número de forrageiros indo para o recipiente B não apresentou diferença significativa com aquele apresentado pelas colônias 2 ($P = 0,1817$), 3 ($P = 0,1013$), 4 ($P = 0,5718$) e 5 ($P = 0,2943$). Porém houve diferença com as colônias 8 ($P = 0,0052$), 9 ($P < 0,0001$) e 12 ($P = 0,0045$). Para a colônia 2 o número de indivíduos indo para o recipiente B só não apresentou diferença significativa com aquele da colônia 4 ($P = 0,0573$). Porém houve diferença no fluxo observado para a colônia 2 comparado com as colônias 3 ($P = 0,0029$), 5 ($P = 0,0171$), 8 ($P < 0,0001$), 9 ($P < 0,0001$) e 12 ($P < 0,0001$). Para a colônia 3, o número de indivíduos indo para o recipiente B foi significativamente diferente somente daquele obtido para a colônia 9 ($P = 0,0133$), não havendo diferença com as colônias: 4 ($P = 0,2831$), 5 ($P = 0,5552$), 8 ($P = 0,2480$) e 12 ($P = 0,2284$). O número de indivíduos indo para o recipiente B da colônia 4 mostrou-se significativamente diferente daquele observado nas colônias: 8 ($P = 0,0258$), 9 (P

= 0,0004) e 12 ($P = 0,0227$) e não houve diferença com o número de indivíduos da colônia 5 ($P = 0,6288$). A colônia 5 também só apresentou diferença significativa no número de forrageiros quando comparada com a colônia 9 ($P = 0,0022$), mas não com as colônias: 8 ($P = 0,0810$) e 12 ($P = 0,0728$). Não houve diferença significativa no número de forrageiros indo para o recipiente B da colônia 8 com aqueles das colônias: 9 ($P = 0,1871$) e 12 ($P = 0,9608$) e nem no número de forrageiros da colônia 9 com aquele da colônia 12 ($P = 0,2041$).

Tabela 6 - Matriz de comparação dos valores de P do fluxo de ida entre as colônias de *Coptotermes gestroi*.

Valores de P entre as colônias								
	1	2	3	4	5	8	9	12
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,1817	-	-	-	-	-	-	-
3	0,1013	0,0029*	-	-	-	-	-	-
4	0,5718	0,0573	0,2831	-	-	-	-	-
5	0,2943	0,0171*	0,5552	0,6288	-	-	-	-
8	0,0052*	< 0,0001*	0,2480	0,0258*	0,0810	-	-	-
9	< 0,0001*	< 0,0001*	0,0133*	0,0004*	0,0022*	0,1871	-	-
12	0,0045*	< 0,0001*	0,2284	0,0227*	0,0728	0,9608	0,2041	-

* Valores que apresentaram diferença significativa

O número de indivíduos voltando para o recipiente A foi maior nos experimentos em que a distância entre as duas câmaras era menor (figura 6). Na colônia 1, o número de forrageiros voltando para o recipiente A não apresentou diferença significativa com aqueles observados nas colônias (Tabela 7): 2 ($P = 0,2981$), 4 ($P = 0,1661$) e 5 ($P = 0,5718$). Porém houve diferença com as colônias 3 ($P = 0,0331$), 8 ($P = 0,0397$), 9 ($P < 0,0001$) e 12 ($P = 0,0103$). Para a colônia 2, o número de indivíduos voltando para o recipiente A não apresentou diferença significativa somente com aquele obtido para a colônia 5 ($P = 0,1083$). Porém houve diferença no número de indivíduos da colônia 2 comparados com aqueles das colônias: 3 ($P = 0,0015$), 4 ($P = 0,0153$), 8 ($P = 0,0020$), 9 ($P < 0,0001$) e 12 ($P = 0,0003$). Para a colônia 3, o número de indivíduos voltando para o recipiente A foi significativamente diferente somente da colônia 9 ($P = 0,0382$), mas não houve diferença com as colônias 4 ($P = 0,4559$), 5 ($P = 0,1176$), 8 ($P = 0,9412$) e 12 ($P = 0,6641$). O número de indivíduos voltando para o recipiente A da colônia 4 mostrou-se significativamente diferente daquele encontrado na colônia 9 ($P = 0,0048$) e não houve diferença com o número de indivíduos das colônias: 5

($P = 0,4126$), 8 ($P = 0,5017$) e 12 ($P = 0,2381$). A colônia 5 apresentou diferença significativa no número forrageiros quando comparada com o das colônias 9 ($P = 0,0003$) e 12 ($P = 0,0456$), mas não apresentou diferença com a colônia 8 ($P = 0,1359$). O número de forrageiros voltando para o recipiente A da colônia 8 foi estatisticamente diferente daquele observado na colônia 9 ($P = 0,0318$). Finalmente, não houve diferença significativa entre o fluxo de forrageiros da colônia 8 com aquele observado para a colônia 12 ($P = 0,6115$) e nem da colônia 9 com o da colônia 12 ($P = 0,1013$).

Tabela 7 - Matriz de comparação dos valores de P do fluxo de volta entre as colônias de *Coptotermes gestroi*.

Valores de P entre as colônias								
	1	2	3	4	5	8	9	12
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,2981	-	-	-	-	-	-	-
3	0,0331*	0,0015*	-	-	-	-	-	-
4	0,1661	0,0153*	0,4559	-	-	-	-	-
5	0,5718	0,1083	0,1176	0,4126	-	-	-	-
8	0,0397*	0,0020*	0,9412	0,5017	0,1359	-	-	-
9	< 0,0001*	< 0,0001*	0,0382*	0,0048*	0,0003*	0,0318*	-	-
12	0,0103*	0,0003*	0,6641	0,2381	0,0456*	0,6115	0,1013	-

* Valores que apresentaram diferença significativa

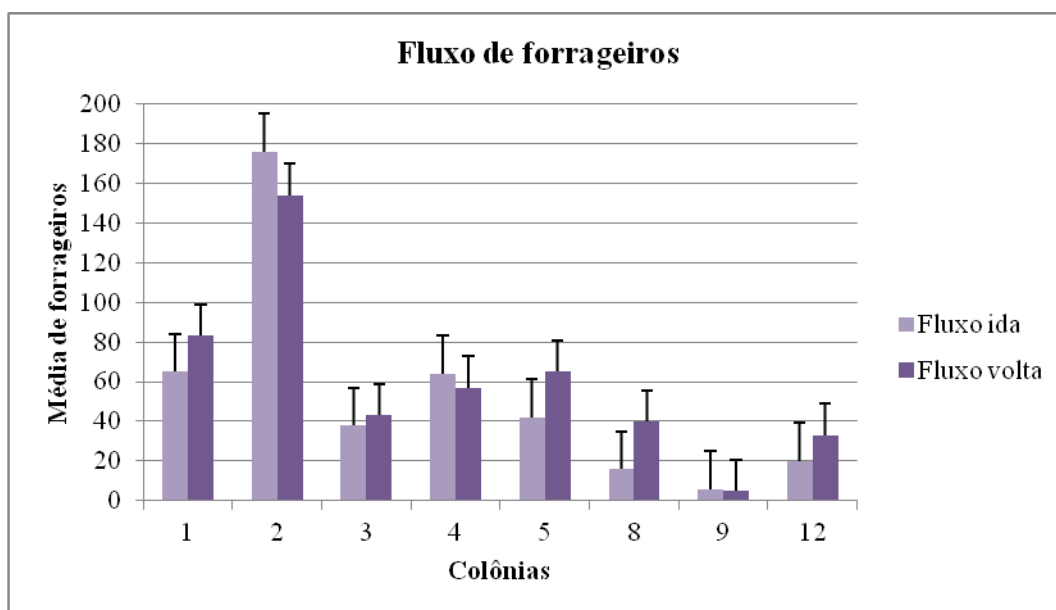


Figura 6 – Média de forrageiros de *Coptotermes gestroi* indo e voltando do recipiente B (fonte alimentar alternativa)

4.4. Alocação de castas

Os experimentos foram desmontados e foi realizada uma contagem dos indivíduos de cada casta nos diferentes recipientes e tubos (Tabela 8) após o período experimental. Das sete colônias avaliadas somente em duas foram encontrados indivíduos no recipiente A, e estes pertenciam à casta de operários e soldados. Portanto, os resultados mostram que após um período de aproximadamente 18 meses todas as colônias mudaram para o recipiente B ou para o tubo de conexão. Em 100% das sete colônias analisadas o casal de reprodutores não foi encontrado no recipiente A, ou seja, o casal saiu do recipiente de “soltura” e se deslocou para o recipiente B ou para o tubo conector. Os reprodutores foram encontrados no recipiente B em cinco colônias (71%), e no tubo de conexão entre as câmaras em 29% dos experimentos, ou seja, somente em duas colônias.

Larvas e/ou ovos foram encontrados no recipiente B nas colônias 1, 4, 5, 8 e 9 (Tabela 8). Somente na colônia 2 foram encontrados ovos e larvas no tubo de ligação entre as câmaras.

O número de operários foi maior na câmara B em 71% dos experimentos e no tubo em 29% dos experimentos. Apenas nas colônias 1 e 5 foram encontrados operários somente no recipiente A. O número de soldados presentes no recipiente B foi maior do que no A em 86% das colônias. Somente na colônia 3 o número de soldados foi maior no tubo conector (14%). Além disso, nas colônias 1 e 5 foram encontrados soldados no recipiente A.

Tabela 8 – Censo da população, ovos e localização dos diferentes indivíduos nas colônias de *Coptotermes gestroi*, após o período de experimentação.

	População/ovos	Recipiente A	Recipiente B	Tubo conector
Colônia 1	Operários	88	446	54
	Soldados	9	34	9
	Larvas	-	3	-
	Ovos	-	2	-
	Rei	-	+	-
	Rainha	-	+	-
Colônia 2	Operários	-	96	207
	Soldados/Pré-soldados	-	19	18/1
	Larvas	-	-	7
	Ovos	-	-	241
	Rei	-	-	+
	Rainha	-	-	+
Colônia 3	Operários	-	6	65
	Soldados	-	-	15
	Rei	-	-	+
	Rainha	-	-	+
Colônia 4	Operários	-	283	15
	Soldados/Pré-soldados	-	36/1	12
	Larvas	-	4	-
	Ovos	-	271	-
	Rei	-	+	-
	Rainha	-	+	-
Colônia 5	Operários	2	453	55
	Soldados/Pré-soldados	1	48/6	13/1
	Larvas	-	30	-
	Ovos	-	228	-
	Rei	-	+	-
	Rainha	-	+	-
Colônia 8	Operários	-	143	6
	Soldados	-	27	4
	Ovos	-	178	-
	Rei	-	+	-
	Rainha	-	+	-
Colônia 9	Operários	-	150	16
	Soldados	-	20	4
	Ovos	-	244	-
	Rei	-	+	-
	Rainha	-	+	-

+ presença; - ausência

5. DISCUSSÃO

5.1. Dados populacionais

O censo realizado antes do período experimental mostrou que as 12 colônias de *C. gestroi* com 3 anos de idade apresentavam soldados, com um número mínimo de 10 e máximo de 41 indivíduos (Tabela 1). Já o censo populacional após o período experimental mostrou que as sete colônias sobreviventes mantiveram a população de soldados, que variou de 15 até 62 indivíduos (Tabela 2). Estes resultados mostram que os fatores que regem a diferenciação de soldados foram diferentes entre as diversas colônias. Os ritmos biológicos, muitas vezes são sincronizados pelo ambiente (número de indivíduos da colônia, luz, temperatura, umidade, quantidade e qualidade da alimentação), podendo influenciar esta diferenciação (MAO; HENDERSON, 2007). Além dos fatores extrínsecos, a regulação das castas em cupins envolve também fatores intrínsecos, tais como fatores genéticos e hormonais (LENZ, 1976; LEFEUVE; BORDEREAU, 1984; PARK; RAINA, 2004; MAO et al., 2005; SCHARF et al., 2005; MAO; HENDERSON, 2007).

Os dados do censo também mostraram que as colônias de mesma idade de *C. gestroi* não têm desenvolvimento sincrônico, pois as populações variaram de 84 até 321 indivíduos (Tabela 1), apesar de serem mantidas nas mesmas condições. Além disso, o censo após o período experimental mostrou que estas colônias continuaram apresentando um desenvolvimento não sincrônico ainda mais evidente, pois suas populações variaram de 86 até 643 indivíduos (Tabela 2) e mostraram-se bastante diferentes em relação ao crescimento destas populações após o período de experimentação (Figura 2). Na Figura 2 pode-se observar que as colônias 1, 2 e 5 apresentaram um crescimento populacional muito maior que as outras três colônias, sendo que a colônia 3 apresentou uma queda no número total de indivíduos na população. Estes resultados mostram que fatores como a genética dos reprodutores e o vigor da colônia (saúde dos indivíduos) podem afetar o desenvolvimento e diferenciação de castas das diferentes colônias.

Nas rainhas de Rhinotermitidae, o desenvolvimento do aparelho reprodutor resulta em um aumento do seu abdome, fenômeno este conhecido como fisogastria (COSTA-LEONARDO; IGNATTI, 2002). A fisogastria é caracterizada pelo extraordinário aumento dos ovários e da massa sanguínea, além do corpo gorduroso, aparelho respiratório e

tegumento (COSTA- LEONARDO; IGNATTI, 1992). As rainhas de seis colônias estudadas mostraram um aumento expressivo de suas massas, o que reflete o desenvolvimento dos aparelhos reprodutores destes indivíduos. Adicionalmente, uma rainha fisogástrica é alimentada continuamente pelos operários e essa alimentação é especial, constituída só por saliva e apropriada para a formação de seus ovos (COSTA-LEONARDO, 1992). As rainhas mostraram peso variável (Tabela 4), assim como taxa de oviposição diferente (Tabela 3), antes e após os períodos experimentais.

O censo realizado antes do início do experimento mostrou que das doze colônias inicialmente utilizadas para este estudo, apenas 5 apresentavam ovos com número variando de 1 a 62. Após o censo, seis colônias apresentaram ovos com número variando de 2 a 271, sendo que apenas na colônia 3 não foram encontrados ovos. Já foram observados quatro ciclos de oviposição em colônias de *Coptotermes formosanus* durante os primeiros 2 anos de vida da colônia (RAINHA et al., 2003). Contudo, detalhes destes ciclos em *C. gestroi* ainda não são conhecidos. A maioria das rainhas das colônias de 3 anos que sobreviveram após o período experimental mostraram um aumento na massa corpórea, ou seja, apresentaram pesos maiores que os iniciais (Figura 3). A única que não apresentou um aumento no peso foi a rainha da colônia 3, que também mostrou uma diminuição na população, evidenciando assim que esta colônia poderia estar em declínio. A colônia 3 apresentou um decréscimo na população, uma diminuição do peso da reprodutora e não apresentou ovos, o que evidencia uma colônia bastante enfraquecida.

5.2. Período de descoberta da fonte alimentar alternativa

As colônias que pereceram foram justamente aquelas em que a fonte alimentar alternativa estava distante (Tabela 5). Como não foi observado o dia em que as colônias morreram fica difícil saber se a morte foi resultado da não utilização da fonte alimentar alternativa. Contudo, a colônia 12 encontrou o alimento excedente, mas não sobreviveu por ocasião do 2º censo, sugerindo que não são todas as colônias que podem investir em “longas viagens” para explorar o alimento.

Quanto à quantidade de dias que os indivíduos levaram para encontrar a nova fonte alimentar foi observado que as colônias que apresentaram as maiores distâncias entre as câmaras levaram mais tempo para encontrar o bloco de *Pinus* sp (Tabela 5). Porém, a colônia 2, que tinha 0,5 m de distância entre as câmaras, levou mais tempo que as colônias 9 e 12 (Tabela 5), em que a distância era de 3 m. Este fato sugere que a distância da câmara A e B

pode até influenciar a dinâmica do forrageamento, mas não é o único fator que rege as atividades das colônias. Os resultados também mostraram não existe correlação entre a população total inicial da colônia e o tempo de descoberta do alimento alternativo (Figura 5). Porém, o período que as colônias levaram para encontrar a nova fonte de alimento pode ter sido influenciado pela composição das colônias na época do encontro.

Os operários são os indivíduos que realizam a maior parte das tarefas de uma colônia, como construção, limpeza, alimentação dos outros indivíduos e cuidados com a prole (COSTA-LEONARDO, 2008). Se as colônias apresentam um número pequeno de operários e ao mesmo tempo um número grande de ovos e larvas, a atividade de forrageamento destas colônias vai estar comprometida, pois muitos dos operários devem estar envolvidos com a atividade de cuidar da prole. Portanto, esta diferença pode ter ocorrido no período de forrageamento e exploração das fontes alimentares alternativas já que o censo populacional foi realizado muito antes da descoberta (Tabela 5).

5.3. Fluxo de forrageiros

O fluxo de forrageiros, ou seja, o número de operários + soldados que estavam em trânsito para o recipiente B e do mesmo, para o recipiente A indica a utilização da fonte alimentar. Para as colônias 1 e 8, houve diferença significativa no fluxo dos indivíduos indo e voltando, sendo que, para as duas colônias, o número de forrageiros foi maior na volta para o recipiente A. Na maioria das análises, o fluxo de operários + soldados entre as câmaras A e B foi mais intenso nas colônias em que a distância entre as duas câmaras era menor (Figura 6). Os resultados mostraram que houve uma diferença significativa entre as colônias que possuíam tubos conectores de 0,5 m com as colônias com tubos conectores de 1,5 e 3 m. Além disso, quanto maior a distância entre as câmaras, menor o número de indivíduos se movimentando entre elas, ou seja, menor é o fluxo exibido pelos cupins. O processo de forrageamento é dinâmico e pode mudar dependendo da quantidade de recursos alimentares disponíveis e dos requerimentos da colônia ao longo do tempo (GRACE; CAMPORA, 2005). Estudos de Waller e La Fage (1987) e Rojas e Morales-Ramos (2001) mostraram que *C. formosanus* pode modificar o comportamento de recrutamento de acordo com a qualidade ou quantidade de alimento acessível, sendo que a sua preferência alimentar pode ser determinada pelo valor nutricional do recurso. Esta ideia remete a teoria do forrageamento ótimo, que diz que os animais escolhem seu alimento de acordo com suas necessidades nutricionais (EMLEN, 1973) a fim de otimizar seu “fitness” (KREBS, 1978). Portanto, assim como nas

outras espécies de animais, as estratégias dos cupins para a localização do alimento estão relacionadas a questões básicas, como por exemplo, a eficiência na alocação de energia (LIMA; COSTA-LEONARDO, 2012).

5.4. Alocação de castas

No presente estudo também foi analisada a movimentação de jovens e reprodutores entre as câmaras A e B (Tabela 6). Após 18 meses, com o término de todos os experimentos, foi possível verificar que das doze colônias estudadas apenas sete delas haviam sobrevivido. Nas colônias sobreviventes, o casal de reprodutores, além dos jovens e ovos, estavam no recipiente B ou tubo conector. Os estudos laboratoriais de Long e Thorne (2006) com treze colônias de *Reticulitermes flavipes* mostraram que apenas em uma delas os reprodutores foram encontrados em outro recipiente. Além disso, as autoras acreditam que apesar de somente um casal ter sido encontrado em local diferente do ninho central (câmara de soltura), e de não computarem a frequência do deslocamento do rei e rainha, os reprodutores de *R. flavipes* são itinerantes. Segundo as referidas autoras, foi observado, por exemplo, um par de reprodutores ladeados por soldados se movendo ao longo do caminho entre dois recursos alimentares, mesmo com a ausência de estresses nos conjuntos experimentais (predação, esgotamento de recursos ou mudanças ambientais). Durante o referido experimento, foi realizado um segundo censo nas colônias de *R. flavipes* e as autoras observaram que 71% dos pares reais foram encontrados fora da câmara de soltura, sendo que também foi observada a movimentação dos reprodutores nos tubos conectores entre as duas câmaras. Portanto, os resultados com colônias incipientes de *C. gestroi* mostraram também grande mobilidade dos reprodutores primários evidenciando a característica itinerante dos reprodutores dos cupins subterrâneos. Além disso, os operários carregaram os jovens, provavelmente procurando um local com condições mais adequadas.

6. CONCLUSÕES

- Colônias de *Coptotermes gestroi* de 3 anos de idade sofrem influência da distância para a exploração de fontes alimentares alternativas. Contudo, este não é o único fator que rege o forrageamento destas colônias.
- Em colônias incipientes de *C. gestroi* o fluxo de forrageiros para uma fonte de alimento alternativo é influenciado pela distância. Adicionalmente, o fluxo mostra um menor número de indivíduos quando esta distância é maior que 0,5 m.
- O tamanho da população das colônias incipientes de *C. gestroi* não influencia a exploração de fontes alimentares alternativas.
- Os reprodutores das colônias incipientes de *C. gestroi* mostram grande mobilidade, demonstrando que em fatores adversos (caso dos inseticidas utilizados no controle em área urbana) a colônia pode migrar.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAB, A.; COSTA-LEONARDO, A.M. Effect of biotic and abiotic factors on the tunneling behavior of *Coptotermes gestroi* and *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Behavioural Processes**, v. 70, p. 32-40, 2005.

BORDEREAU, C.; PASTEELS, J.M. Pheromones and Chemical Ecology of Dispersal and Foraging in Termites. In: BIGNELL, D.E.; ROISIN, Y.; LO, N. (Eds.). **Biology of Termites: A Modern Synthesis**. p. 279-320, 2011.

COSTA-LEONARDO, A.M., IGNATTI, A.C. A rainha dos cupins. **Ciência Hoje**, v. 15, n. 85, p. 6-7, 1992.

COSTA-LEONARDO, A.M. **Cupins-Praga: Morfologia, Biologia e Controle**. A. M. Costa-Leonardo (Ed.), Rio Claro, 2002. 128 p.

COSTA-LEONARDO, A.M. Dinâmica do forrageamento em cupins subterrâneos. In: VILELA, E.F.; SANTOS, I.A.; SCHOEREDER, J. H.; SERRÃO, J.E.; CAMPOS, L.A.O.; LINO-NETO, J. (Eds.). **Insetos Sociais. Da biologia à Aplicação**. pp. 347-358, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008.

EMLÉN, J.M. **Ecology: An Evolutionary Approach**. Reading: Addison Wesley, 493 p., 1973.

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

GRACE, J.K.; CAMPORA, C.E. Food location and discrimination by subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). In: LEE, C.-Y.; ROBINSON, W.H. (Eds.). **Proceedings of the 5th International Conference on Urban Pests**, p. 437 – 441, 2005.

JAFFE, K.; VILLEGAS, G.; COLMENARES, O.; PUCHE, H.; ZABALA, N.; ALVAREZ, M.; NAVARRO, J.; PINO, E. Two different decision-making systems in recruitment to food in ant societies. **Behaviour**, v. 92, p. 9-21, 1985.

KREBS, J.R. 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, 1978.

LEFEUVE, P.; BORDEREAU, C. Soldier formation regulated by a rimer pheromone from the soldier frontal gland in a higher termite, *Nasutitermes lujae*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 81, p. 7665–7668, 1984.

- LENZ, M. The dependence of hormone effects in caste determination on external factors. In: LÜSCHER, M. (Ed.). **Phase and Caste Determination in Insects – Endocrine Aspects**. Pergamon, Oxford, UK. pp 73–90, 1976.
- LIMA, J.T.; COSTA-LEONARDO, A.M. Subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae): Exploitation of equivalent food resources with different forms of placement, **Insect Science**, v. 19, p. 412–418, 2012.
- LONG, C. E.; THORNE, B. L. Resource fidelity, brood distribution and foraging dynamics in complete laboratory colonies of *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Ethology, Ecology & Evolution**, v. 18, p. 113-125, 2006.
- MALAKA, S.L.O.; LEUTHOLD, R.H. Mechanisms of recruitment for the retrieval of food in *Amitermes evuncifer* Silvestri (Isoptera: Termitidae: Termitinae). **Insect Science and Application**, v. 7, n. 6, p. 707-721, 1986.
- MAO, L.; HENDERSON, G. A case for a free-running circannual rhythm in soldier developmental time of Formosan subterranean termites. **Insectes Sociaux**, v. 54, p. 388 – 392, 2007.
- MAO, L.; HENDERSON, G.; LIU, Y.; LAINE, R.A. *Formosan subterranean termite* (Isoptera: Rhinotermitidae) soldiers regulate juvenile hormone levels and caste differentiation. **Annals Of The Entomological Society Of America**, v. 98, p.340 - 345, 2005.
- OLUGBEMI, B.O. Influence of food on recruitment pattern in the termite, *Microcerotermes fuscotibialis*. **Journal of Insect Science**, v.10, p.154, 2010.
- OLUGBEMI, B.O.; MALAKA, S.L.O. Effect of food on recruitment activities in *Microcerotermes fuscotibialis* Sjöstedt, 1896 (Isoptera: Termitidae: Termitinae). **Journal of Scientific Research and Development**, v. 1, n. 1, p. 69-73, 1994.
- OLUGBEMI, B.O.; MALAKA, S.L.O. The effect of food on pheromonal communication in the termite, *Microcerotermes fuscotibialis* Sjöstedt **African Journal of Ecology**, v. 45, n. 2, p. 216-219, 2007.
- OLOO, G.W.; LEUTHOLD, R.H. The Influence of food on trail laying and recruitment behaviour in *Trinervitermes bettonianus* (Termitidae: Nasutitermitinae). **Entomologia Experimentalis and Applicata**, v. 26, p. 267-278, 1979.
- PARK, Y.I.; RAINA, A.K. Juvenile hormone III titers and regulation of soldier caste in *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal Insect Physiology**, v. 50, p. 561 – 566, 2004.
- RAINA, A.K.; PARK, Y.I.; FLORANE, C. Behaviour and reproductive biology of the primary reproductives of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, v. 41, n. 1A, p. 37 - 48, 2003.

REINHARD, J.; KAIB, M. Trail Communication During Foraging and Recruitment in the Subterranean Termite *Reticulitermes santonensis* De Feytaud (Isoptera, Rhinotermitidae). **Journal of Insect Behavior**, v. 14, p. 2, 2001.

ROBSON, S.K.; LESNIAK, M.G.; KOTHANDAPANI, R.V.; TRANIELLO, J.F.A.; THORNE, B.L.; FOURCASSIE, V. Non-random search geometry in subterranean termites. **Naturwissenschaften**, v. 82, p. 526-528, 1995.

ROJAS, M.G.; MORALES-RAMOS, J.A. Bait matrix for delivery of chitin synthesis inhibitors to the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 94, n. 2, p. 506-510, 2001.

SCHARF, M.E.; RATLIFF, C.R.; WU-SCHARF, D.; ZHOU, S.G.; PITTENDRIGH, B.R.; BENNETT, G.E. Effects of juvenile hormone III on *Reticulitermes flavipes*: changes in hemolymph protein composition and gene expression. **Insect Biochemistry Molecular Biology**, v. 35, p. 207-215, 2005.

STUART, A.M. Social behavior and communication. In: KRISHNA, K.; WEESNER, F.M. (Ed.). **Biology of Termites**. New York: Academic Press, v. 1, p. 193-232, 1969.

TRANIELLO, J.F.A.; BUSCHER, C. Chemical regulation of polyethism during foraging in the NeoTropical termite, *Nasutitermes costalis*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 11, n. 3, p. 319-313, 1985.

TRANIELLO, J.F.A.; ROBSON, S.K.; LESNIAK, M.; KOTHANDAPANI, R. Organization of searching in subterranean termites, *Reticulitermes* spp. **Annual Meeting of Entomological Society of America**, p. 23-30, 1994.

WALLER, D.A.; LA FAGE, J.P. Food quality and foraging response by the subterranean termite *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae). **Bulletin of Entomological Research**, Oxon, v. 77, n. 3, p. 417-424, 1987.

CAPÍTULO 2

“Perfis demográficos de colônias inteiras de *Coptotermes gestroi* (Isoptera, Rhinotermitidae) após manipulação em laboratório”

1. RESUMO

Na natureza, a demografia de colônias inteiras de cupins subterrâneos é praticamente impossível, devido ao hábito críptico destes insetos. Assim, colônias de laboratório são úteis para avaliar as populações destes insetos que ficam espalhadas por múltiplas fontes alimentares e “cálies” ou núcleo dos ninhos policíclicos. Devido a isto, neste estudo foram realizados experimentos com colônias incipientes de 4, 5 e 6 anos de *Coptotermes gestroi* para tentar entender a composição e porcentagem de diferentes castas e ínstares. Assim, foram realizados três tipos de experimento e observado o desenvolvimento das populações das colônias com diferentes tipos de fontes alimentares. No primeiro experimento foi utilizado dois recipientes de 395 mL (câmaras A e B) conectados por um tubo plástico transparente de 0,5 m, preenchidos com 150 mL de serragem umedecida de *Pinus* sp. O segundo experimento foi composto de três câmaras preenchidas com 150 mL da mesma serragem, sendo que a câmara A (recipiente de 1,7 L) foi conectada, em lados opostos, a dois recipientes de 0,8 L (câmaras B e C) por tubos de 2m. No terceiro experimento, a câmara A tinha 1,7 L preenchida com serragem umedecida e estava conectada a outras duas de 0,8 L (B e C) por tubos de 2 m. Os recipientes B e C continham blocos de *Pinus elliottii* de 100 cm³ e 27 cm³, respectivamente. Previamente à colocação da população da colônia no recipiente A (“câmara de soltura”), foi realizado um censo da mesma para levantamento do número de ovos e indivíduos das diversas castas e ínstares. Na ocasião do censo, o casal real foi pesado individualmente. Para verificar se houve desenvolvimento das colônias estudadas, três delas foram avaliadas após cada período. No primeiro experimento as avaliações foram realizadas após 6, 9 e 12 meses e no segundo e terceiro experimentos, após 6 e 12 meses. Nenhuma colônia morreu durante o período experimental e todas apresentaram operários, soldados e casal de reprodutores após experimentação. Os resultados mostraram que não ocorreu um padrão de desenvolvimento de populações das colônias, uma vez que as colônias mostraram diferentes tamanhos e crescimento de suas populações.

Palavras-chave: cupins; censo populacional; castas; ínstares

2. INTRODUÇÃO

O forrageamento dos cupins subterrâneos é uma atividade que envolve operários, soldados e ninfas. A população de uma colônia madura de *C. gestroi* em plena atividade atinge mais de 1 milhão de indivíduos, e a sua área de forrageamento pode ser imensa, já que forrageiros percorrem mais de 100 m (COSTA-LEONARDO, 2008). A tarefa de encontrar alimento pelos cupins subterrâneos é um esforço conjunto de um grupo de forrageiros que escavam túneis. Cada cupim remove individualmente uma porção de solo de cada vez, o qual é retirado da ponta do túnel, contudo, os resultados combinados produzem um padrão de procura previsível (PUCHE; SU, 2001). De acordo com Su e Bardunias (2005), o procedimento envolvido na coordenação da estrutura dos túneis construídos por um grupo de térmitas ainda é desconhecido, assim como o mecanismo de túneis para encontrar fontes de alimento no solo.

Os cupins subterrâneos têm ninhos policólicos (vários núcleos ou “cálies”) e normalmente, aceita-se que a atividade da colônia está centrada em um ninho principal que contém reprodutores e cria. Na espécie *C. gestroi*, os reprodutores primários são constituídos pelo rei e rainha, sendo esta fisogástrica e com longevidade de cerca de 15 anos ou mais. Os ovos apresentam um comprimento médio de 0,77 mm e cerca de 0,38 mm de largura (COSTA-LEONARDO, 2002). Dos ovos eclodem imaturos menores, “larvas”, sendo que em *C. gestroi* são conhecidos 2 ínstares (larva 1 e larva 2). Estes indivíduos são totalmente brancos, sem qualquer indício de esclerotização (BARSOTTI; COSTA-LEONARDO, 2005) e não são encontrados em áreas de forrageamento da espécie.

Os operários são bastante numerosos em uma colônia de *C. gestroi*, constituindo a maior parte da população. Estes indivíduos são ápteros e atuam nas tarefas de construção, forrageamento, limpeza e reparação do ninho, alimentação dos outros indivíduos e cuidados com ovos e larvas (COSTA-LEONARDO, 2008). A cabeça, tórax e abdômen dos operários é similar aos dos alados, exceto pela ausência de asas e aparelho reprodutor não desenvolvido nos primeiros. Possuem mandíbulas desenvolvidas e esclerotizadas (CRIBB et al., 2008; EGGLETON, 2011). Operários de *C. gestroi* apresentam longevidade que varia de 3 a 5 anos (COSTA-LEONARDO, 2008) e podem apresentar cinco diferentes ínstares que são encontrados em grupos de forrageiros (BARSOTTI; COSTA-LEONARDO, 2005). Não

existem publicações sobre o sexo dos operários de *C. gestroi*, mas na espécie *Coptotermes heimi*, os operários são tanto machos como fêmeas e apresentam dimorfismo sexual, sendo as fêmeas maiores que os machos (PAJNI; ARORA, 1990). Já, na espécie *Coptotermes lacteus*, embora os operários sejam dos dois sexos, não ocorre dimorfismo sexual (ROISIN; LENZ, 1999).

O papel dos soldados de Isoptera consiste principalmente em defender a colônia contra predadores e competidores inter e intra-específicos (HAVERTY; HOWARD, 1981; THORNE; HAVERTY, 1991), mas também podem participar na exploração de novos alimentos e na organização do recrutamento e forrageamento (TRANIELLO, 1981; ABE et. al, 2000). Os grupos de forrageamento de *C. gestroi* apresentam de 10 a 15% de soldados, mas sofrem uma variação anual (SCHEFFRAHN; SU, 2000; MAO; HENDERSON, 2007). Estes soldados são bastante agressivos, atuam na defesa da colônia utilizando as mandíbulas e a secreção da glândula frontal, que funciona como uma espécie de cola (COSTA-LEONARDO, 2002). Contudo, não se sabe qual é a porcentagem de ocorrência de cada casta e instar em colônias incipientes de *C. gestroi* e em suas atividades de forrageamento. Em vista do exposto, este estudo pretendeu acompanhar o desenvolvimento das populações de colônias inteiras com diferentes tipos de fontes alimentares. Assim, objetivou-se responder as seguintes questões: Quais castas e ínstaes que compõem colônias de 4, 5 e 6 anos de *C. gestroi*? Colônias com idades próximas possuem populações similares? Colônias inteiras de mesma idade, expostas a diferentes condições alimentares apresentam desenvolvimento similar?

3. MATERIAL E MÉTODOS

Cupins: As colônias de *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896) utilizadas no presente estudo foram formadas a partir de reprodutores alados coletados em revoadas ocorridas em 2005, 2006 e 2007. Os reprodutores foram sexados em laboratório, pareados e colocados para desenvolverem colônias em placas de Petri plásticas (6 cm de diâmetro). Após 1 ano as colônias foram transferidas para recipientes plásticos descartáveis de 145 mL. O alimento fornecido foi serragem de *Pinus* sp. envelhecida e umedecida, sendo que as colônias foram mantidas em sala climatizada com temperatura de $25 \pm 3^\circ\text{C}$.

3.1. Experimento I - Forrageamento em fontes alimentares similares com duas câmaras

Para o desenvolvimento deste experimento foram utilizados 2 recipientes plásticos de 395 mL (câmaras A e B) conectados por um tubo plástico transparente de 0,5 m de comprimento (diâmetro = 0,5 cm). As câmaras A e B foram preenchidas com 150 mL de serragem de *Pinus* sp. envelhecida e previamente umedecida (Figura 1). Para este experimento foram realizadas 9 repetições com colônias incipientes de laboratório de 4 anos de idade. Previamente à colocação da população da colônia no recipiente A (“câmara de soltura”), foi realizado um censo da mesma para levantamento do número de indivíduos das diversas castas e ínstares (casal real, operários, soldados, pré-soldados, “larvas”). Adicionalmente, foi realizada a contagem de todos os ovos encontrados em cada colônia estudada. Na ocasião do censo, o casal real foi pesado individualmente. Para verificar se houve desenvolvimento das colônias estudadas, três delas foram avaliadas após 6 meses com a realização de um novo censo. As outras 6 colônias foram avaliadas após 9 e 12 meses. Os experimentos foram desenvolvidos em sala ambiente, no escuro e com temperatura controlada ($25 \pm 3^\circ\text{C}$). Para a análise estatística dos dados relativos ao crescimento populacional e peso das rainhas foi realizado um teste t ($\alpha = 0,05$).

3.2. Experimento II - Forrageamento em fontes alimentares similares com colônias de *C. gestroi* de 5 e 6 anos com três câmaras

Para o desenvolvimento deste experimento foi utilizado um recipiente plástico de 1,7 L (câmara A) conectado, em lados opostos, a dois recipientes plásticos de 0,8 L (câmaras B e C) por tubos plásticos transparentes de 0,5 cm de diâmetro e 2 m de comprimento (Figura 2).

As câmaras A, B e C foram preenchidos com 150 mL de serragem envelhecida de *Pinus* sp. previamente umedecida. Neste experimento foram realizadas 6 repetições com colônias incipientes de laboratório de 5 anos e 6 repetições com colônias de 6 anos de idade. Previamente à colocação da população da colônia no recipiente A, foi realizado um censo da mesma para levantamento do número de indivíduos das diversas castas e ínstares (casal real, operários, soldados, pré-soldados, jovens). Adicionalmente, foi realizada a contagem de todos os ovos encontrados em cada colônia estudada. Na ocasião do censo, o casal real foi pesado individualmente. Para verificar se as colônias apresentaram desenvolvimento, após 6 meses foram avaliadas três colônias de 5 anos e três de 6 anos com a realização de um novo censo. As outras 6 colônias de 5 e 6 anos foram avaliadas após 12 meses de experimentação. Os experimentos foram desenvolvidos em sala ambiente, no escuro e com temperatura controlada ($25 \pm 3^\circ\text{C}$). Para a análise estatística dos dados relativos ao crescimento populacional e peso das rainhas foi realizado um teste t ($\alpha = 0,05$).

3.3. Experimento III - Forrageamento em fontes alimentares diferentes com colônias de 5 e 6 anos com três câmaras

Para o desenvolvimento deste experimento foi utilizado um recipiente plástico de 1,7 L (câmara A), preenchido com serragem de *Pinus* sp. umedecida e conectado em lados opostos a dois recipientes plásticos de 0,8 L (câmaras B e C) por tubos plásticos transparentes de 2 m de comprimento (diâmetro = 0,5 cm). As câmaras B e C foram preenchidas com 100 mL de areia umedecida. Na câmara B foi colocado um pedaço de madeira de *P. elliottii*, com 100 cm^3 de volume (2 cm x 5 cm x 10 cm) sobre a areia e, na câmara C, um bloco de *P. elliottii* de 27 cm^3 volume (3 cm x 3 cm x 3cm) (Figura 3). A areia utilizada foi previamente esterilizada em estufa durante 48 horas a 70°C . Neste experimento foram realizadas seis repetições com colônias incipientes de laboratório de 5 anos e seis repetições com colônias de 6 anos de idade.

Previamente à colocação da população da colônia no recipiente A, foi realizado um censo da mesma para levantamento do número de indivíduos das diversas castas e ínstares (casal real, operários, soldados, pré-soldados, jovens). Adicionalmente, foi realizada a contagem de todos os ovos encontrados em cada colônia estudada. Na ocasião do censo, o casal real foi pesado individualmente. Para verificar se as colônias apresentaram desenvolvimento, após 6 meses foram avaliadas três colônias de 5 anos e três de 6 anos com a realização de um novo censo. As outras seis colônias de 5 e 6 anos foram avaliadas após 12

meses de experimentação. Estes bioensaios foram desenvolvidos em sala ambiente, no escuro e com temperatura controlada ($25 \pm 3^\circ\text{C}$). Para manter a umidade dos recipientes foi adicionado 1 mL de água destilada a cada sete dias. Para a análise estatística dos dados relativos ao crescimento populacional e peso das rainhas foi realizado um teste t ($\alpha = 0,05$).

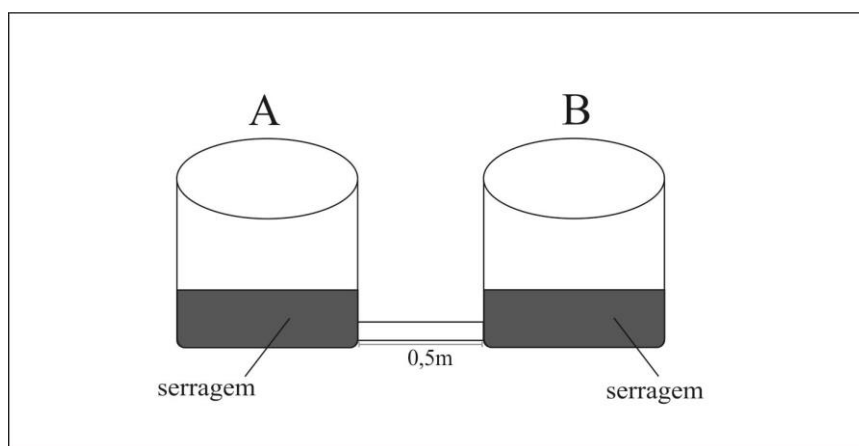


Figura 1 – Esquema ilustrando o experimento de forrageamento de colônias de 4 anos de *Coptotermes gestroi* em fontes alimentares similares com duas câmaras.

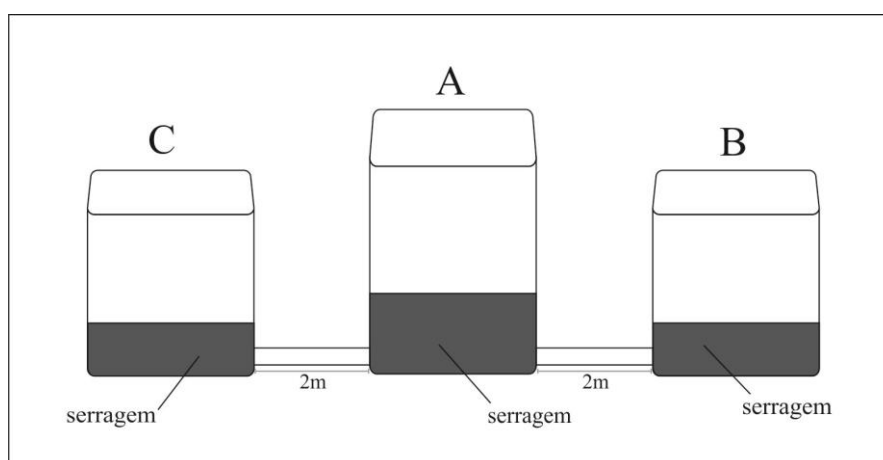


Figura 2 - Esquema ilustrando o experimento de forrageamento de colônias de *Coptotermes gestroi* de 5 e 6 anos em fontes alimentares similares com três câmaras.

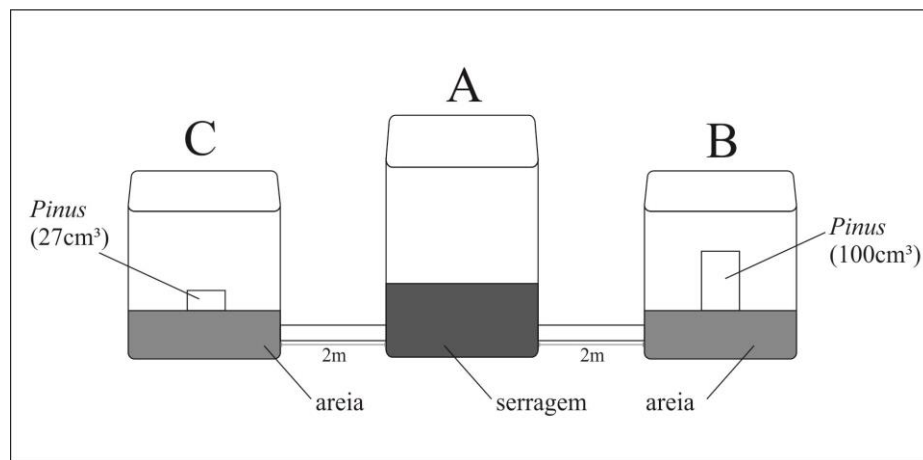


Figura 3 - Esquema ilustrando o experimento de forrageamento de colônias de *Coptotermes gestroi* de 5 e 6 anos em fontes alimentares diferentes com três câmaras.

4. RESULTADOS

4.1. Forrageamento com duas câmaras

4.1.1. Alimentos similares e colônias de 4 anos

Os resultados do censo da população das 9 colônias de *C. gestroi* utilizadas neste experimento estão dispostos na Tabela 1. O censo mostrou que 77% das 9 colônias de *C. gestroi* apresentaram larvas, 89% ovos e 55% pré-soldados. Todas as colônias tinham soldados, mas o número de indivíduos desta casta foi diferente entre as colônias. Os dados mostram que a população total destas colônias variou de 119 a 1301 indivíduos. O censo após os períodos experimentais mostrou que 100% das colônias mantiveram os soldados, 89% delas as larvas, 55,5% delas os pré-soldados e 89% delas os ovos (Tabela 2). Além disso, a população total após os períodos experimentais variou de 200 a 1837. Os resultados relativos ao peso das rainhas antes e após os períodos de experimentação estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 1 – Censo prévio da população das colônias de 4 anos de *Coptotermes gestroi*.

Colônias	Larvas	Operários	Pré-soldados	Soldados	Casal	Total	Nº de ovos
1	-	319	1	36	+	358	3
2	-	129	-	13	+	144	9
3	36	630	-	63	+	731	157
4	152	1033	11	103	+	1301	139
5	32	819	2	60	+	915	366
6	32	423	1	37	+	490	41
7	5	714	1	60	+	782	0
8	9	648	-	55	+	714	30
9	3	106	-	8	+	119	12

+ presença

Tabela 2 – Censo da população das colônias de 4 anos de *Coptotermes gestroi* após experimentação.

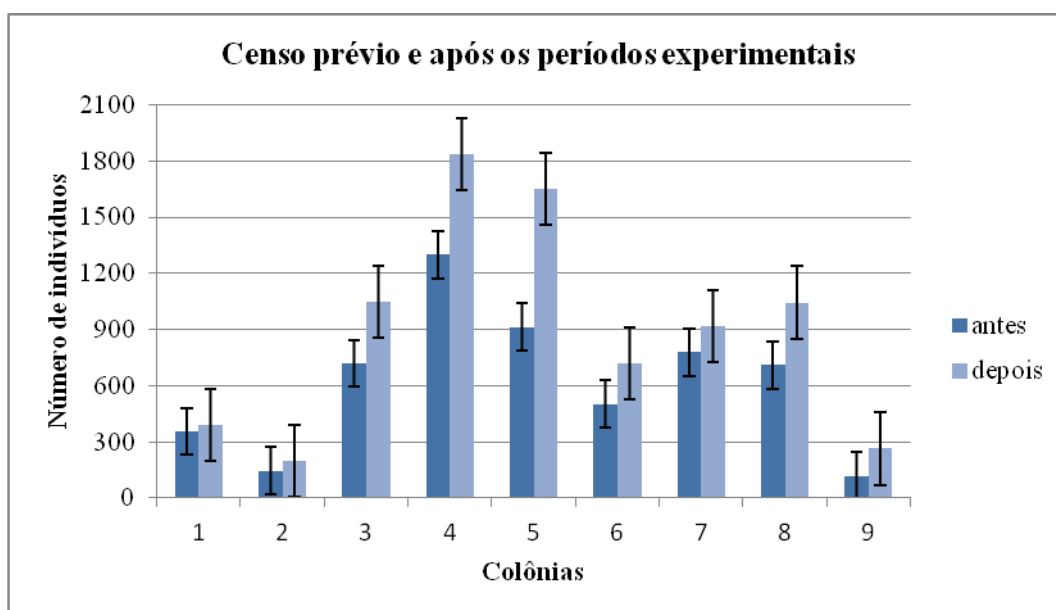
Tempo de experimentação	Colônias	Larvas	Operários	Pré-soldados	Soldados	Casal	Total	Nº de ovos
Após 6 meses	1	13	332	1	47	+	395	14
	2	7	177	-	14	+	200	1
	3	33	908	-	107	+	1050	31
Após 9 meses	4	145	1565	-	125	+	1837	51
	5	304	1273	5	67	+	1651	85
	6	66	582	-	71	+	721	34
Após 12 meses	7	-	812	-	105	+	919	0
	8	18	934	-	92	+	1046	13
	9	5	242	-	17	+	266	37

+ presença

Tabela 3 – Peso das rainhas das colônias de 4 anos de *Coptotermes gestroi* antes e após experimentação.

Colônias	Peso (g)	
	Prévio	Final
1	0,0091	0,0090
2	0,0077	0,0079
3	0,0116	0,0104
4	0,0114	0,0096
5	0,0092	0,0087
6	0,0077	0,0074
7	0,0077	0,0097
8	0,0088	0,0128
9	0,0085	0,0096

Todas as colônias mostraram um aumento da população (Figura 4), e a análise dos resultados indicou diferença estatística significativa entre o número de indivíduos antes e após o período de experimentação ($P = 0,0067$).

**Figura 4** – Censo das colônias de 4 anos de *Coptotermes gestroi* antes e após os períodos de 6, 9 e 12 meses.

As rainhas ganharam peso principalmente em quatro das nove colônias (Figura 5). A análise dos resultados mostrou que não houve diferença estatística significativa nos pesos das rainhas antes e após período experimental ($P > 0,05$).

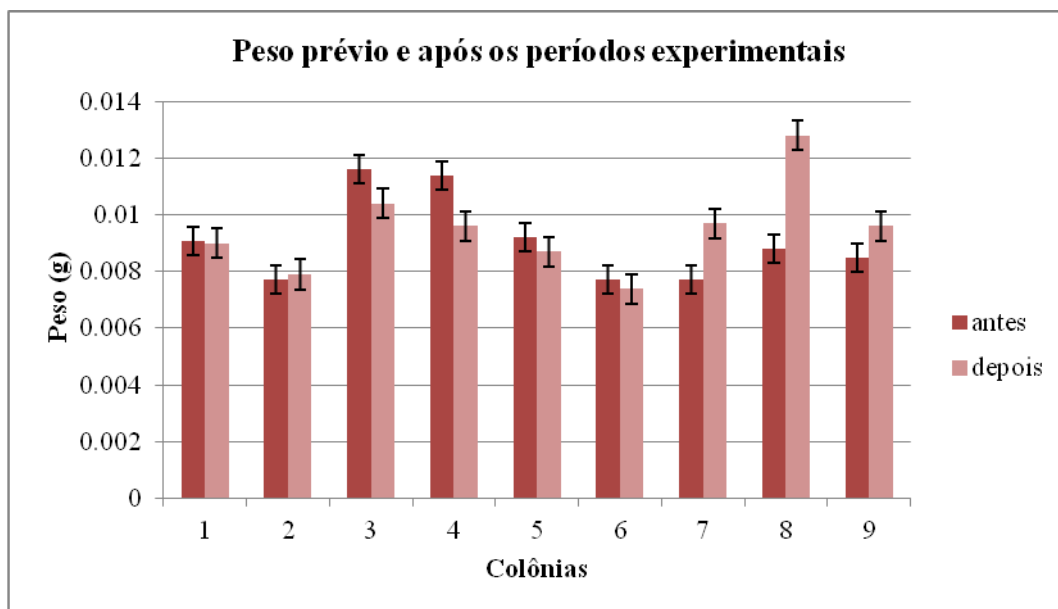


Figura 5 – Peso das rainhas de 4 anos de *Coptotermes gestroi* antes e após os períodos experimentais.

4.2. Forrageamento com três câmaras

4.2.1. Alimentos similares e colônias de 5 anos

Os resultados do censo da população das 6 colônias de *C. gestroi* utilizadas neste experimento estão dispostos na Tabela 4. Todas as colônias tinham soldados, mas em número variável. O censo realizado mostrou que 50% das 6 colônias de *C. gestroi* apresentaram larvas, 83% ovos e 50% pré-soldados. Além disso, pode-se observar que a população total variou de 205 a 1340 indivíduos em colônias com 5 anos. O censo após experimentação (Tabela 5) mostrou que todas as colônias apresentaram soldados e larvas e 83% das colônias apresentaram pré-soldados e ovos. A população total após período experimental variou de 264 a 1596. Os resultados relativos ao peso das rainhas estão dispostos na Tabela 6.

Tabela 4 – Censo da população das colônias de 5 anos de *Coptotermes gestroi* antes do início do bioensaio.

Colônias	Larvas	Operários	Pré-soldados	Soldados	Casal	Total	Nº de ovos
1	-	320	-	26	+	348	0
2	21	223	2	18	+	266	103
3	-	416	-	41	+	459	66
4	6	174	2	21	+	205	55
5	-	314	-	29	+	345	98
6	120	1128	4	86	+	1340	27

+ presença

Tabela 5 – Censo da população das colônias de 5 anos de *Coptotermes gestroi* após experimentação.

Tempo de experimentação	Colônias	Larvas	Operários	Pré-soldados	Soldados	Casal	Total	Nº de ovos
Após 6 meses	1	10	225	1	26	+	264	1
	2	38	398	4	37	+	479	0
	3	39	485	4	42	+	572	28
Após 12 meses	4	43	477	2	36	+	560	72
	5	180	759	4	51	+	996	237
	6	68	1398	-	128	+	1596	169

+ presença

Tabela 6 – Peso das rainhas das colônias de 5 anos de *C. gestroi* antes e após experimentação.

Colônias	Peso (g)	
	Prévio	Final
1	0,0093	0,0092
2	0,0100	0,0083
3	0,0103	0,0112
4	0,0081	0,0101
5	0,0101	0,0106
6	0,0102	0,0104

Depois do período experimental de 6 meses somente em uma colônia foi observada diminuição da população total (Figura 6). Em outras duas colônias deste mesmo período e em três do período experimental de 12 meses houve aumento da população total. A análise estatística dos resultados mostrou que houve diferença significativa entre o número de indivíduos antes e após o período experimental ($P = 0,0464$).

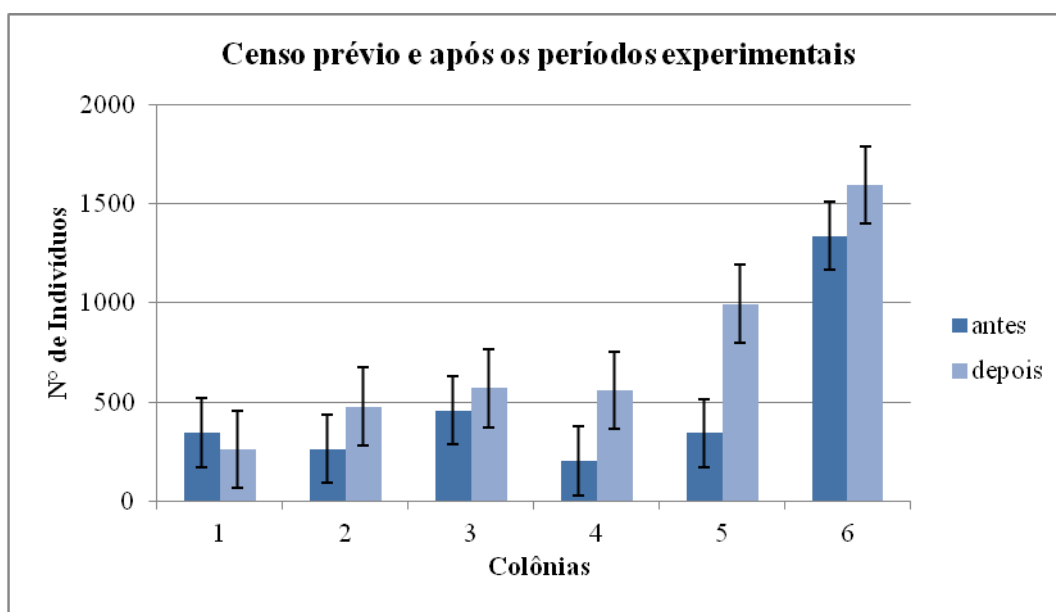


Figura 6 - Censo das colônias de 5 anos de *Coptotermes gestroi* antes e após os períodos de 6 e 12 meses.

As rainhas ganharam peso principalmente após os experimentos que duraram 12 meses (Figura 7). Após 6 meses de experimentação, houve duas rainhas que tiveram redução do peso. A análise dos resultados mostrou que não houve diferença estatística significativa nos pesos das rainhas antes e após o período experimental ($P = 0,3454$).

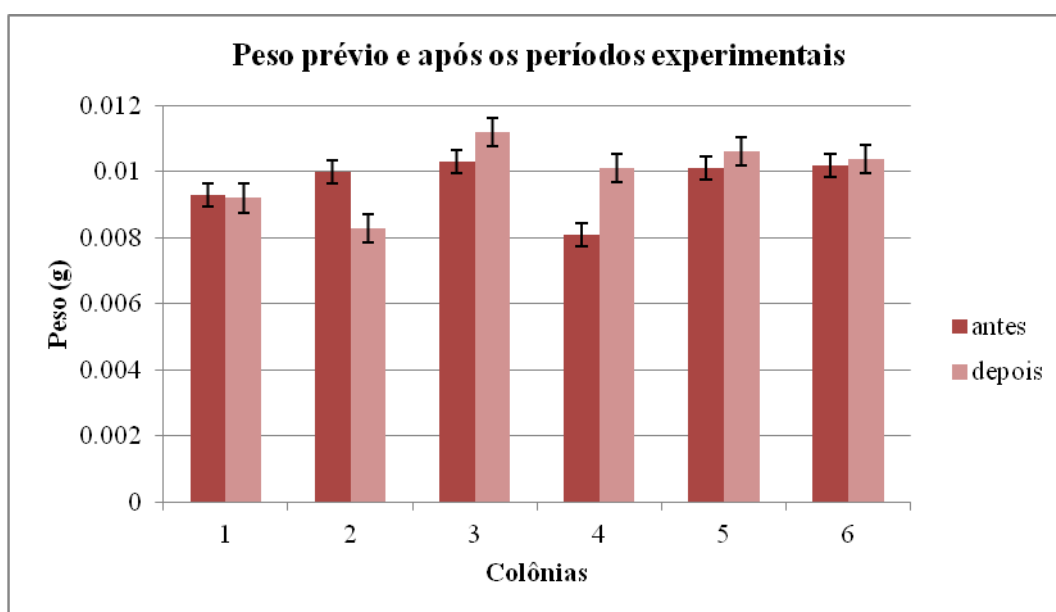


Figura 7 - Peso das rainhas antes e após os períodos experimentais em colônias de 5 anos de *Coptotermes gestroi*.

4.2.2. Alimentos similares e colônias de 6 anos

Os resultados do censo da população das 6 colônias de 6 anos de idade de *C. gestroi* estão na Tabela 7. Todas as colônias tinham soldados, mas em número variável. O censo realizado mostrou que 100% das 6 colônias de *C. gestroi* apresentaram larvas, 83% ovos e 17% pré-soldados. Além disso, pode-se observar que população total variou entre 475 e 1384 indivíduos em colônias com 6 anos. O censo após experimentação (Tabela 8) mostrou que todas as colônias tinham soldados, ovos e larvas e que 66% das colônias apresentaram pré-soldados. A população total variou de 579 a 1745 após os períodos experimentais. Os resultados relativos aos pesos das rainhas estão dispostos na Tabela 9.

Tabela 7 – Censo prévio da população das colônias de 6 anos de *Coptotermes gestroi*.

Colônias	Larvas	Operários	Pré-soldados	Soldados	Casal	Total	Nº de ovos
1	77	408	-	45	+	532	86
2	26	404	-	43	+	475	4
3	14	619	-	51	+	686	0
4	87	717	1	59	+	866	75
5	71	768	-	61	+	902	15
6	98	1195	-	89	+	1384	9

+ presença

Tabela 8 – Censo da população das colônias de 6 anos de *Coptotermes gestroi* após experimentação.

Tempo de experimentação	Colônias	Larvas	Operários	Pré-soldados	Soldados	Casal	Total	Nº de ovos
Após 6 meses	1	135	435	1	42	+	615	167
	2	49	563	-	60	+	674	48
	3	29	498	-	50	+	579	23
Após 12 meses	4	124	1375	1	84	+	1586	174
	5	7	809	3	63	+	884	13
	6	13	1615	5	110	+	1745	5

+ presença

Tabela 9 – Peso das rainhas das colônias de 6 anos de *Coptotermes gestroi* antes e após experimentação.

Colônias	Peso (g)	
	Prévio	Final
1	0,0087	0,0094
2	0,0088	0,0092
3	0,0090	0,0110
4	0,0091	0,0115
5	0,0091	0,0099
6	0,0100	0,0097

Os resultados do censo populacional mostraram que 2 das 6 colônias apresentaram uma diminuição no número de indivíduos enquanto as outras quatro, principalmente a colônia 4, apresentaram um crescimento na população (Figura 8). A análise estatística dos resultados mostrou que não houve diferença significativa entre o número de indivíduos antes e após período experimental ($P = 0,1534$).

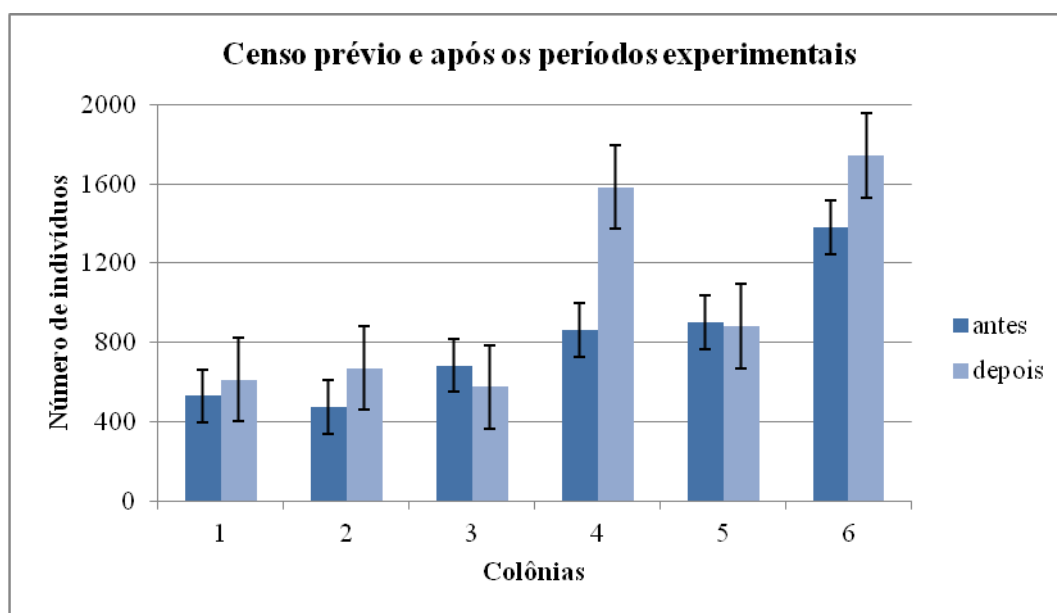


Figura 8 - Censo das colônias de 6 anos de *Coptotermes gestroi* antes e após os períodos de 6 e 12 meses.

As rainhas tiveram um aumento do peso após os períodos de 6 e 12 meses, principalmente as colônias 3 e 4. Somente a rainha da colônia 6 teve uma redução no seu peso (Figura 9). A análise dos resultados mostrou que não houve diferença estatística significativa nos pesos das rainhas antes e após período experimental ($P = 0,0604$).

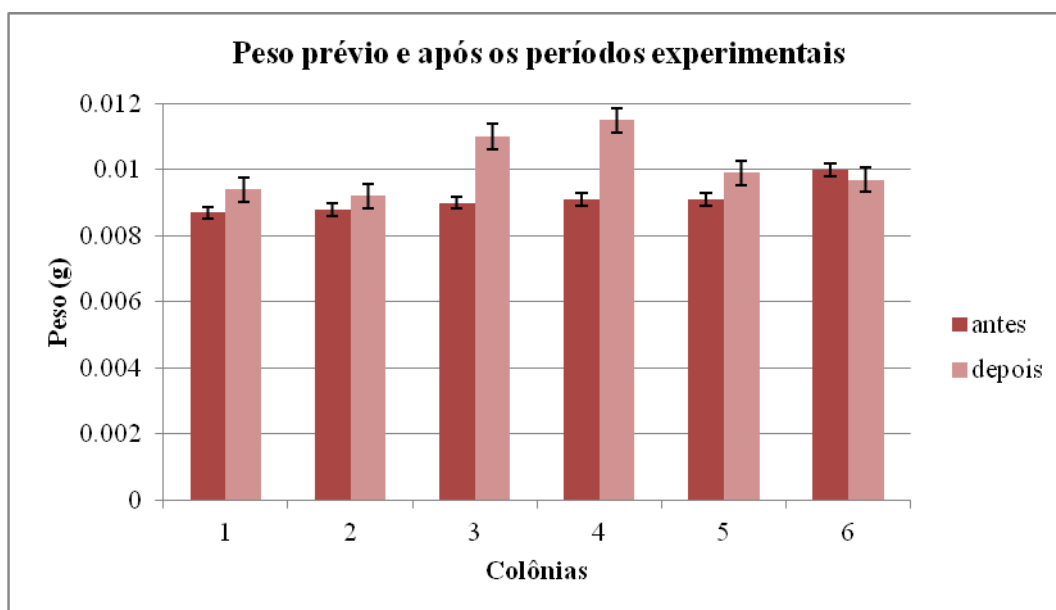


Figura 9 - Peso das rainhas antes e após os períodos experimentais em colônias de 6 anos de *Coptotermes gestroi*.

4.2.3. Alimentos diferentes e colônias de 5 anos

Os resultados do censo da população das 6 colônias de 5 anos de idade de *C. gestroi* estão na Tabela 10. Todas as colônias tinham soldados, mas em número variável. O primeiro censo realizado mostrou que 83% das 6 colônias de *C. gestroi* apresentaram larvas e 100% ovos. Além disso, pode-se observar que a população total variou de 236 a 608 indivíduos em colônias com 5 anos. Já o censo das populações após os períodos de experimentação mostrou que 100% das colônias tinham soldados, 66% larvas, 83% ovos e 16% pré-soldados (Tabela 11). A população total variou de 151 a 896 após os períodos experimentais. Os resultados relativos ao peso das rainhas estão dispostos na Tabela 12.

Tabela 10 – Censo prévio da população das colônias de 5 anos de *Coptotermes gestroi*.

Colônia	Larvas	Operários	Pré-soldados	Soldados	Casal	Total	Nº de ovos
1	-	229	-	18	+	249	9
2	38	462	-	57	+	559	11
3	24	420	-	28	+	474	52
4	30	180	-	24	+	236	10
5	113	444	-	49	+	608	99
6	9	295	-	22	+	328	12

+ presença

Tabela 11 – Censo da população das colônias de 5 anos de *Coptotermes gestroi* após experimentação.

Tempo de experimentação	Colônias	Larvas	Operários	Pré-soldados	Soldados	Casal	Total	Nº total de ovos
Após 6 meses	1	-	131	-	18	+	151	7
	2	7	370	-	57	+	436	48
	3	29	279	-	30	+	340	196
Após 12 meses	4	4	156	-	18	+	180	11
	5	59	767	-	68	+	896	40
	6	-	289	2	22	+	315	0

+ presença

Tabela 12 – Massa das rainhas das colônias de 5 anos de *Coptotermes gestroi* antes e após experimentação.

Colônias	Peso (g)	
	Prévio	Final
1	0,0096	0,0102
2	0,0103	0,0135
3	0,0099	0,0121
4	0,0084	0,0084
5	0,0090	0,0093
6	0,0081	0,0073

A observação dos dados do censo populacional mostrou que somente uma colônia apresentou aumento da população (Figura 10), enquanto as outras cinco mostraram uma diminuição no número de indivíduos. Adicionalmente, não existe diferença estatística significativa entre o número prévio de indivíduos presentes nas colônias e aquele verificado após o período experimental nas colônias ($P = 0,7406$).

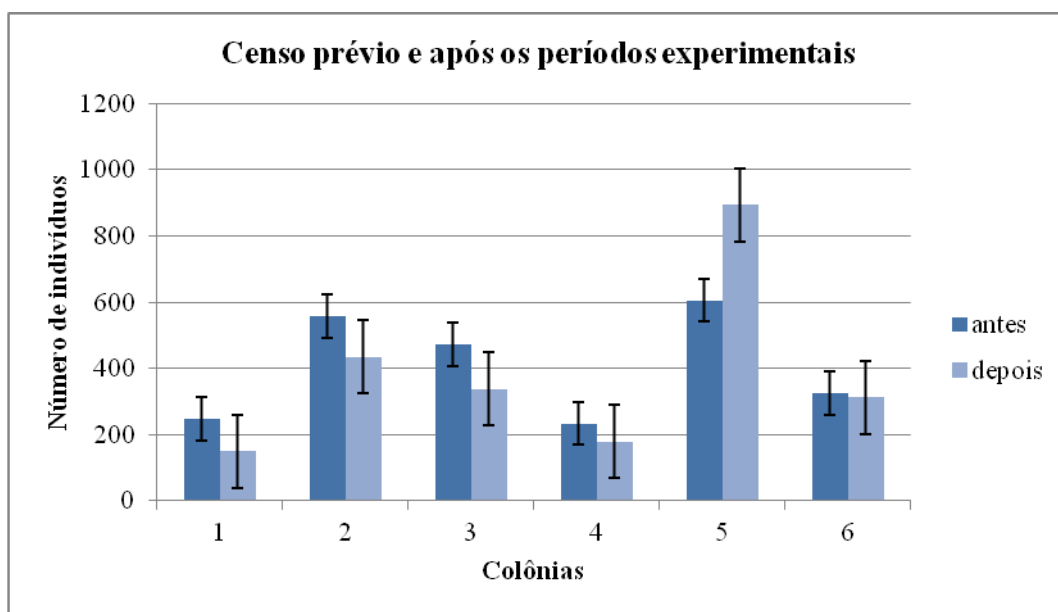


Figura 10 - Censo das colônias de 5 anos de *Coptotermes gestroi* antes e após os períodos de 6 e 12 meses.

As rainhas ganharam peso principalmente após o período de 6 meses de experimentação. No período de 12 meses de experimentação a rainha da colônia 4 apresentou mesmo peso, a da colônia 5 apresentou um aumento de peso e a rainha da colônia 6 apresentou uma redução no seu peso (Figura 11). A análise dos resultados mostrou que não houve diferença estatística significativa entre o peso das rainhas pré e pós período experimental ($P = 0,1926$).

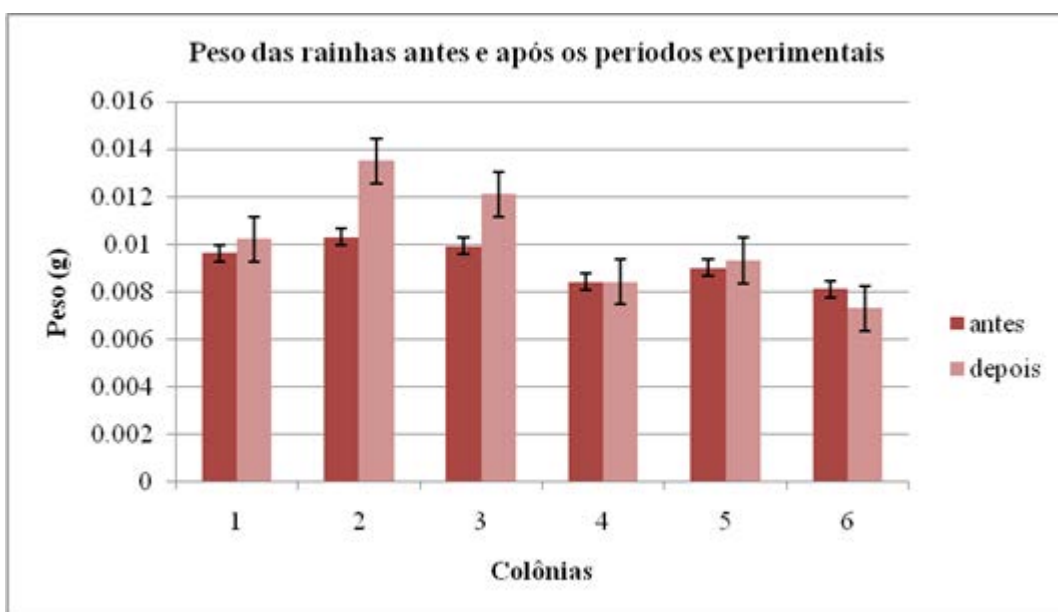


Figura 11 - Peso das rainhas de 5 anos de *Coptotermes gestroi* antes e após os períodos experimentais.

4.2.4. Alimentos diferentes e colônias de 6 anos

Os resultados do censo da população das 6 colônias de 6 anos de idade de *C. gestroi* utilizadas neste experimento estão na tabela 13. Este censo preliminar mostrou que 83% das 6 colônias de *C. gestroi* apresentaram larvas, 83% ovos e 66,6% pré-soldados e 100% soldados. Além disso, pode-se observar que a população total variou de 186 a 935 indivíduos nestas colônias. O censo após os períodos de experimentação mostrou que 100% das colônias tinham soldados e ovos, 83% tinham larvas e 66% pré-soldados (Tabela 14). A população total variou de 410 a 1834 após os períodos experimentais. Os resultados relativos ao peso das rainhas estão dispostos na Tabela 15.

Tabela 13 – Censo prévio da população das colônias de 6 anos de *Coptotermes gestroi*.

Colônias	Larvas	Operários	Pré-soldados	Soldados	Casal	Total	Nº de ovos
1	1	173	-	10	+	186	0
2	10	621	1	53	+	687	2
3	0	280	-	33	+	315	6
4	64	795	2	72	+	935	178
5	30	762	1	63	+	858	86
6	28	579	3	52	+	664	89

+ presença

Tabela 14 – Censo da população das colônias de 6 anos de *Coptotermes gestroi* após experimentação.

Tempo de experimentação	Colônias	Larvas	Operários	Pré-soldados	Soldados	Casal	Total	Nº de ovos
Após 6 meses	1	42	343	4	19	+	410	22
	2	163	696	6	67	+	934	80
	3	4	562	4	21	+	593	4
Após 12 meses	4	81	1629	-	122	+	1834	115
	5	86	1021	3	92	+	1204	49
	6	-	890	-	76	+	892	1

+ presença

Tabela 15 – Peso das rainhas das colônias de *Coptotermes gestroi* antes e após experimentação.

Colônias	Peso (g)	
	Prévio	Final
1	0,0081	0,0077
2	0,0090	0,0108
3	0,0096	0,0108
4	0,0128	0,0117
5	0,0106	0,0101
6	0,0085	0,0121

Todas as colônias apresentaram um aumento da população nos dois períodos experimentais (Figura 12). A análise dos dados mostrou que houve diferença estatística significativa entre o número de indivíduos antes e após o período experimental ($P = 0,0182$).

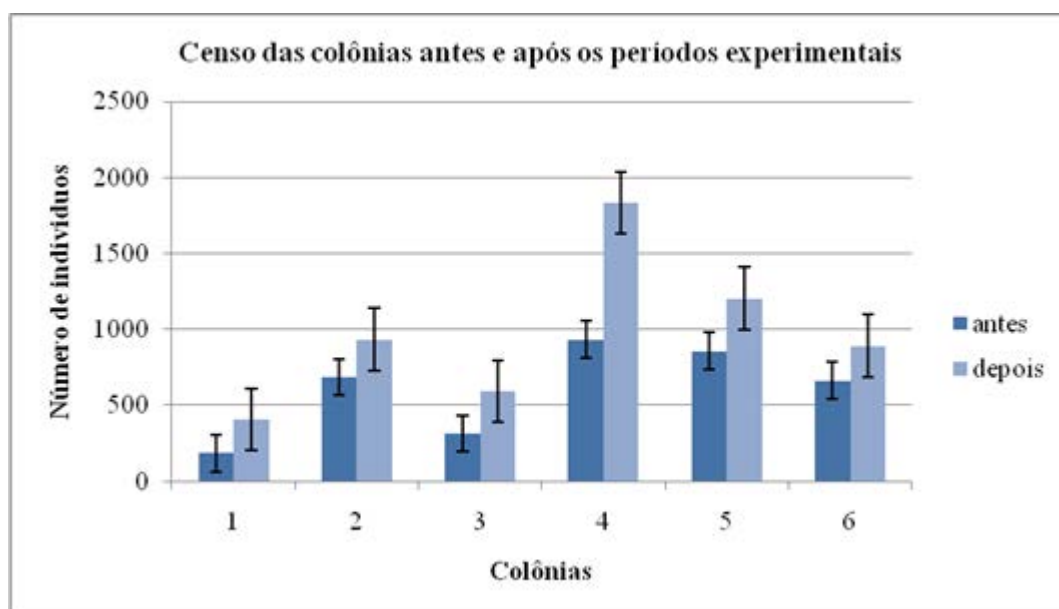


Figura 12 - Censo das colônias de 6 anos de *Coptotermes gestroi* antes e após os períodos de 6 e 12 meses.

As rainhas ganharam peso principalmente após o período de 6 meses de experimentação. Elas apresentaram uma redução no peso nas colônias 1, 4 e 5 (Figura 13) e obtiveram um aumento nas colônias 2 e 3 e, principalmente na colônia 6 (Figura 13). A análise dos resultados mostrou não que houve diferença estatística significativa nos pesos das rainhas antes e após período experimental ($P = 0,3381$).

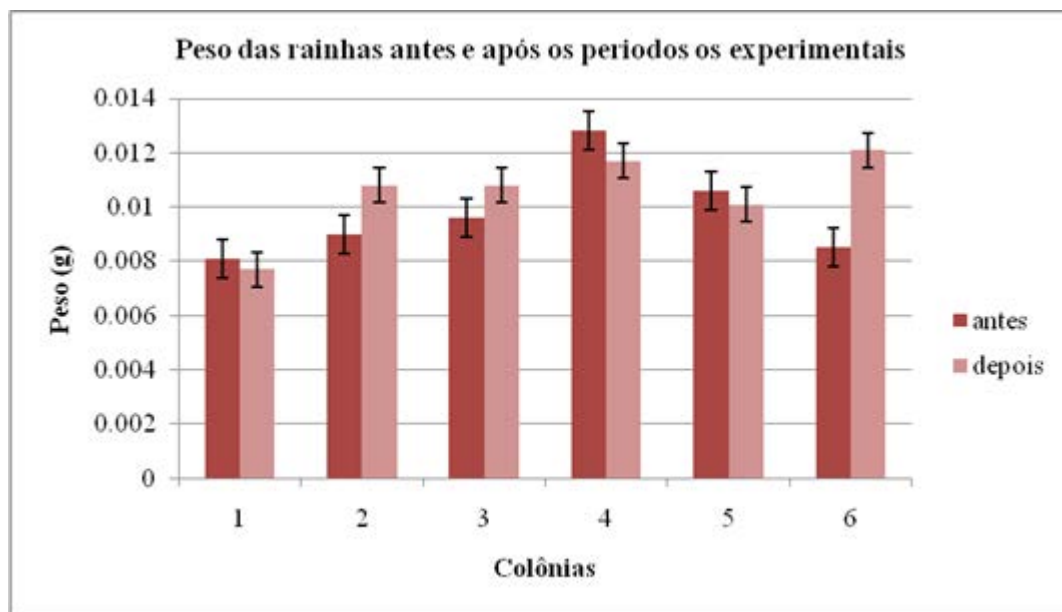


Figura 13 - Peso das rainhas de 6 anos de *C. gestroi* antes e após os períodos experimentais.

5. DISCUSSÃO

Os estudos com uma colônia incipiente de cupins fornecem elementos para compreender como ocorre seu estabelecimento, desenvolvimento e como funciona sua biologia comportamental. Além disso, estes elementos podem ser utilizados para o desenvolvimento de táticas de manejo (TIAN et al., 2009). A realização de estudos com colônias incipientes é de grande importância e nesta presente pesquisa teve como objetivo caracterizar colônias de *C. gestroi* de três diferentes idades. Os dados do censo mostraram que as colônias de 4, 5 e 6 anos de idade de *C. gestroi* apresentaram populações que variaram de 119 até 1301, de 205 até 1340 e de 186 até 1384 indivíduos respectivamente, apesar de serem mantidas nas mesmas condições. Os dados obtidos mostraram um desenvolvimento não linear destas colônias, pois o número de indivíduos das populações destas colônias variou bastante. Além disso, o censo após o período experimental mostrou que estas colônias continuaram apresentando um desenvolvimento não sincrônico ainda mais evidente, pois as populações das colônias de 4, 5 e 6 anos variaram de 200 até 1837, de 151 até 1596 e de 410 até 1834 indivíduos, respectivamente. Estes dados corroboram com aqueles obtidos por Costa-Leonardo e Barsotti (2001), que analisaram 52 colônias incipientes e obtiveram populações variando de 64 até 1164 indivíduos. Muitos fatores afetam o desenvolvimento de uma colônia de cupins, inclusive a genética dos reprodutores. Contudo, as populações destas colônias são menores do que aquelas encontradas no campo. Em um estudo com 5 colônias de *Coptotermes formosanus*, Su e La Fage (1999) concluíram que embora os fatores individuais, que são vitais para o desenvolvimento das colônias, não possam ser identificados, é evidente que colônias com espaço restrito de forrageamento, como as colônias incipientes de laboratório, colônias aéreas, e aquelas encontradas em ciprestes rodeados de água, apresentam menores populações que aquelas normalmente encontradas na natureza.

Os censos (pré e pós experimentação) realizados nas colônias de 4, 5 e 6 anos mostraram a presença de soldados. Estudos laboratoriais de Costa-Leonardo e Barsotti (2001) com 52 colônias incipientes de *C. gestroi*, mostraram que estas apresentavam um número de soldados variando de 6 a 86 indivíduos (3-37% de soldados). Já para colônias incipientes de *C. formosanus*, durante os 6 primeiros anos de vida, a porcentagem de soldados encontrada nas populações variou de 10 à 17 % de indivíduos. No sétimo ano destas colônias houve uma queda na porcentagem de soldados e este fato pode ser atribuído ao aumento exponencial do número de novos operários (RAINA; FLORANE, 2007). Huang (1987) também relatou uma

queda na proporção de soldados em colônias maduras. Outros estudos com colônias incipientes de *C. formosanus* mostraram que as populações eram constituídas de 10% de soldados (KING; SPINK, 1975). Como a diferenciação da casta de soldado é influenciada por vários fatores extrínsecos e intrínsecos, pode-se observar que estes fatores atuaram diferentemente entre as colônias. Portanto, deve-se atentar ao fato que o número de castas foi diferente nas diversas colônias estudadas.

O censo realizado antes e após a introdução de fontes alimentares alternativas mostrou que as populações de todas as colônias de 4 anos tiveram um aumento do número total de indivíduos (Figura 3), e esse aumento populacional foi significativamente diferente. Por sua vez, algumas colônias de 5 e 6 anos apresentaram um decréscimo da população reforçando condições intrínsecas da colônia.

As rainhas das colônias de quatro anos tiveram um aumento considerável do peso após o período experimental de 12 meses, nos outros dois períodos experimentais, de 6 e 9 meses, as fêmeas reprodutoras apresentaram uma redução do peso ou obtiveram somente uma pequena alteração não significativa (Figura 5). As rainhas das colônias de 5 anos de idade (experimento II) ganharam um aumento no peso principalmente após o período experimental de 12 meses, caso da colônia 4 (Figura 7). Já para as rainhas das colônias de 5 anos (experimento III), o ganho de peso foi mais expressivo após o período experimental de 6 meses (Figura 11). O peso das rainhas das colônias de 6 anos de idade (experimento II) foi maior no fim do período experimental para a maioria delas, sendo que somente na colônia 6 a rainha teve uma redução do peso (Figura 9). No experimento III, realizado com as colônias de 6 anos de idade, metade das rainhas ganhou peso (colônias 2, 3 e 6), sendo que uma rainha da colônia 6 apresentou um aumento bastante expressivo de seu peso (Figura 13). O peso das rainhas das colônias de 4, 5 e 6 anos de idade variou bastante, de 0,0077 a 0,0128 mg, de 0,0081 a 0,0135mg e de 0,0081 a 0,0121 mg, respectivamente. Resultados semelhantes também foram encontrados por Costa-Leonardo e Barsotti (2001). As autoras observaram que em 12 colônias incipientes de dois anos de idade, as rainhas apresentaram pesos variando entre 0,0067 a 0,0119 mg, o que mostra que reprodutoras de mesma idade de colônias artificiais podem apresentar desenvolvimento fisogástrico diferente. Certamente, a fisogastria é influenciada por inclusive uma série de fatores nutricionais.

Não foi observada em nenhuma das colônias incipientes de *C. gestroi* analisadas, a presença de ninfas ou reprodutores alados. Estudos de Raina e Florane (2007) com desenvolvimento de colônias incipientes de *C. formosanus*, mostraram que após 7 anos estas

colônias ainda não tinham apresentado ninfas ou alados, assim como a presente pesquisa. De acordo com Higa (1981), os primeiros alados de *C. formosanus* foram obtidos com colônias de 11 anos de idade. No entanto, na China, colônias de laboratório de *C. formosanus* produziram alados após 6 anos (WANG et al., 2002). Já Costa-Leonardo et al. (2005) relataram alados em colônias incipientes de 6 anos de *C. gestroi*. Segundo os autores, a colônia estava armazenada em um recipiente com dois compartimentos com um espaço que possibilitava o forrageamento. Uma colônia da mesma espécie produziu alados em laboratório após 13 anos (COSTA-LEONARDO et al., 2011). Segundo as autoras, a colônia foi transferida para um recipiente conectado a outros dois, o que possibilitou o forrageamento, e após dois anos foram obtidos alados. Elas sugerem que o espaço alimentar influencia a dispersão das colônias, uma vez que só houve dispersão de alados após de ter sido fornecida uma área maior de forrageamento. Já as colônias da mesma idade que estavam mantidas em um único recipiente não apresentaram reprodutores alados. Su e Tamashiro (1980) atribuíram à taxa lenta do desenvolvimento de uma colônia de laboratório de *C. formosanus* à falta de espaço para o forrageamento (COSTA-LEONARDO et al., 2005).

6. CONCLUSÕES

- Não ocorre um padrão de desenvolvimento das populações das colônias de *Coptotermes gestroi*. As colônias mostram diferentes tamanhos e crescimento de suas populações, além de diferentes fisogastrias nas rainhas.
- Os resultados mostraram um desenvolvimento não linear das colônias. Esta diferença populacional parece estar ligada a fatores intrínsecos, tais como genética dos reprodutores e saúde da colônia.
- As condições ambientais e o tempo de duração dos experimentos não permitiram a produção de ninfas, reprodutores alados e neotênicos nas colônias de laboratório de *Coptotermes gestroi* analisadas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, T.; BIGNELL, D.E.; HIGASHI, M. (Eds.). **Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology**. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands, pp. 333 – 361, 2000.

BARSOTTI, R.C.; COSTA-LEONARDO, A.M. The caste system of *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, v. 46, n. 1, p. 87 – 103, 2005.

COSTA-LEONARDO, A.M. **Cupins-Praga: Morfologia, Biologia e Controle**. A.M. Costa-Leonardo (ed.), Rio Claro, 2002. 128 p.

_____. Dinâmica do forrageamento em cupins subterrâneos. In: VILELA, E.F.; SANTOS, I.A.; SCHOEREDER, J.H.; SERRÃO, J.E.; CAMPOS, L.A. O.; LINO-NETO, J. (Eds.). **Insetos Sociais. Da biologia à Aplicação**. pp. 347-358, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008.

COSTA-LEONARDO, A.M.; BARSOTTI, R.C. Growth patterns of colonies of *Coptotermes havilandi* (Isoptera, Rhinotermitidae) initiated in the laboratory from swarming alates. **Sociobiology**, v. 37, n. 3B, p. 551 -561, 2001.

COSTA-LEONARDO, A.M.; ARAB, A.; HERTEL, H. Note about the first swarming in a laboratory colony of *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, v. 45, n.1, p. 137-139, 2005.

COSTA-LEONARDO, A.M.; JANEI, V.; CAMARGO-DIETRICH, C.R.R. Novelties on the biology of the Asian Termite *Coptotermes gestroi* (Isoptera, Rhinotermitidae). **Proceedings of the Seventh International Conference on Urban Pests**, Instituto Biológico, São Paulo, SP, 2011.

CRIBB, B.W.; STEWART, A.; HUANG, H.; TRUSS, R.; NOLLER, B.; RASCH, R.; ZALUCKI, M.P. Unique zinc mass in mandibles separates drywood termites from other groups of termites. **Naturwissenschaften**, v. 95, p. 433–441, 2008.

EGGLETON, P. An Introduction to Termites: Biology, Taxonomy and Functional Morphology, In: In: BIGNELL, D.E.; ROISIN, Y.; LO, N. (Eds.). **Biology of Termites: A Modern Synthesis**. p. 1 - 26, 2011.

HAVERTY, M.I.; HOWARD, R.W. Production of soldiers and maintenance of soldier proportions by laboratory experimental groups of *Reticulitermes flavipes* (Kollar) and *Reticulitermes virginicus* (Banks) (Isoptera: Rhinotermitidae). **Insectes Sociaux**, v. 28, p. 32–39, 1981.

HIGA, S.Y. **Flight, colony foundation, and development of the gonads of the primary reproductives of the Formosan subterranean termite, *Coptotermes formosanus* Shiraki**. Ph.D. dissertation, University of Hawaii, Honolulu, 1981.

- HUANG, L.-W. Reproductive and physiological characteristics of development of *Coptotermes formosanus* Shiraki colonies. **Acta Entomologica Sinica**, v. 30, p. 393 – 395, 1987.
- KING, E.G.; SPINK, W.T. Development of incipient Formosan subterranean termite colonies in the field. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 67, p. 953 – 958, 1975.
- LONG, C.E.; THORNE, B.L. Resource fidelity, brood distribution and foraging dynamics in complete laboratory colonies of *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Ethology, Ecology & Evolution**, v. 18, p. 113-125, 2006.
- MAO, L.; HENDERSON, G. A case for a free-running circannual rhythm in soldier developmental time of Formosan subterranean termites. **Insectes Sociaux**, v. 57, p.388-392, 2007.
- PAJANI, H.R.; ARORA, C.B. Polymorphism and polyethism in *Coptotermes heimi* (Rhinotermitidae: Isoptera). In: VEERESH, G.K.; MALLIK, B.; VIRAKTAMATH, C.A. (Eds.). **Social Insects and the Environment**. Oxford & IBH Publ. Co., New Delhi, p. 337 - 338, 1990.
- PUCHE, H.; SU, N.-Y. Application of fractal analysis for tunnel systems of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) under laboratory conditions. **Environmental Entomology**, v. 30, p. 545-549, 2001.
- RAINA, A.K.; FLORANE, C. Long-term development of incipient colonies of *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae) in the laboratory. **Sociobiology**, v. 50, n. 3, p. 739 – 747, 2007.
- ROISIN, Y.; LENZ, M. Caste developmental pathways in colonies of *Coptotermes lacteus* (Froggatt) headed by primary reproductives (Isoptera, Rhinotermitidae). **Insectes Sociaux**, v. 46, p. 273 – 280, 1999.
- SCHEFFRAHN, R.H.; SU, N.-Y. Asian subterranean termite, *Coptotermes gestroi* (=havilandi) (Wasmann) (Insecta : Isoptera : Rhinotermitidae). **Institute of Food and Agricultural Sciences**, University of Florida, Gainesville, 2000.
- SU, N.-Y. E BARDUNIAS, P. Foraging behavior of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae): food discovery and movement of termites within established galleries, **5th International Conference on Urban Pests**, 2005.
- SU, N.-Y.; LA FAGE, J.P. Forager proportions and caste compositions of colonies of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) restricted to cypress trees in the Calcasieu river, Lake Charles, Louisiana. **Sociobiology**, v. 33, p. 185 – 193, 1999.

SU, N.-Y.; TAMASHIRO, M. An overview of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in the world. In: TAMASHIRO, M.; SU, N.-Y (Eds.). *Biology and Control of the Formosan Subterranean Termite. Proceedings of the International Symposium on the Formosan Subterranean Termite 67th Meeting of the Pacific Branch Entomological Society of America*. Honolulu, p. 3 – 15, 1980.

THORNE, B.L.; HAVERTY, M.I. A review of intracolony, intraspecific, and interspecific agonism in termites. *Sociobiology*, v. 19, p.115–145, 1991.

TIAN, W.-J.; KE, Y.-L.; ZHUANG, T.-Y.; WANG, C.-X.; LI, M.; LIU, R.-Q.; MAO, W.-G.; ZHANG, S.-S.; LI, D. Incipient Colony Development and Biology of *Odontotermes formosanus* (Shiraki) and *O. hainanensis* (Light) (Isoptera: Termitidae). *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, v. 26, n. 3, p. 147 – 156, 2009.

TRANIELLO, J.F.A. Enemy deterrence in the recruitment strategy of a termite: soldier-organized foraging in *Nasutitermes costalis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 78, n. 3, p. 1976–1979, 1981.

WANG, C.; POWELL, J.E.; LIU, Y. A literature review of the biology and ecology of *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae) in China. *Sociobiology*, v. 40, n. 2, p. 343 – 364, 2002.

CAPÍTULO 3

“Alocação de indivíduos no forrageamento de
Coptotermes gestroi (Isoptera, Rhinotermitidae)”

1. RESUMO

Neste estudo foram realizados experimentos com colônias de 4, 5 e 6 anos de idade para compreender a alocação de castas, ínstaes e ovos para fontes alimentares alternativas. Para isto, foram realizados três bioensaios, sendo no primeiro experimento utilizado 2 recipientes de 395 mL (câmaras A e B) conectados por um tubo plástico transparente, preenchidos com 150 mL de serragem de *Pinus* sp. Os cupins foram dispostos na câmara A, e após 6, 9 e 12 meses de experimentação, foram avaliadas três repetições em cada período para verificar a alocação de jovens ou do casal real para a câmara B. No segundo experimento foram utilizadas três câmaras, sendo uma com 1,7 L (câmara A) conectada, em lados opostos, a duas de 0,8 L (câmaras B e C) por tubos plásticos transparentes de 2 m de comprimento. As três câmaras foram preenchidas com 150 mL de serragem envelhecida de *Pinus* sp. e umedecida. Neste experimento foram realizadas 6 repetições com colônias de 5 e de 6 anos de idade. Após 6 e 12 meses de experimentação, foram avaliadas três repetições de cada idade para verificar a alocação de indivíduos e jovens. No terceiro experimento foi utilizado um recipiente de 1,7 L (câmara A), contendo serragem envelhecida, conectado a outros dois de 0,8 L (câmaras B e C) por tubos de 2 m de comprimento. Os recipientes B e C continham *Pinus elliottii* com volume de 100cm³ e 27cm³, respectivamente. Assim como no segundo experimento, foram realizadas 6 repetições com colônias de 5 anos e de 6 anos de idade e após 6 e 12 meses de experimentação, foram avaliadas três repetições da cada idade. Das 33 colônias, 28 apresentaram concomitantemente larvas e ovos. Destas 28 colônias, 61% estavam juntos na mesma câmara. As colônias de *C. gestroi* apresentaram alocação de ovos, jovens e reprodutores entre diferentes as fontes alimentares. O deslocamento das colônias inteiras de *C. gestroi* não apresentou um padrão comportamental característico. Porém, a alocação dos reprodutores é mais freqüente em colônias mais velhas e parece ter influência da fonte alimentar.

Palavras-chave: cupins; castas; deslocamento; reprodutores

2. INTRODUÇÃO

Coptotermes gestroi ou cupim asiático é um térmita subterrâneo exótico, responsável por grandes prejuízos econômicos em áreas urbanas da região sudeste do Brasil (LELIS, 1994; ROMAGNANO; NAHUZ, 2006). Apesar de sua relevância nesta área, existem poucas informações sobre sua biologia, principalmente de estudos de colônias inteiras, o que é extremamente importante para manejo desta espécie praga.

Em geral, aceita-se que ninhos de *C. gestroi* são policálicos ou polidômicos, ou seja, possuem um núcleo central (ninho principal), local que abriga o rei e a rainha imaginais. Este núcleo pode estar conectado a outros núcleos satélites, que vão aparecendo com o crescimento da colônia, e podem conter reprodutores neotênicos (GRASSÉ, 1984).

Os ninhos (principal e satélites) deste cupim asiático são cartonados (LELIS, 1995) e podem apresentar uma grande distância entre eles, caso de dois ninhos encontrados no subsolo de uma edificação no centro da cidade de São Paulo, que estavam localizados mais de 30 m um do outro (LELIS, 1999). Um dos ninhos apresentava câmara real e continha uma rainha imaginal e fisogástrica de 2 cm de comprimento, enquanto o outro, não tinha câmara real e continha uma rainha fisogástrica neotênica de 1,5 cm. De acordo com o autor, nestes ninhos não foram encontrados reis e a população era constituída pela rainha, ninfas, operários, soldados, larvas, ovos e reprodutores alados. Na referida edificação existiam algumas construções cartonadas semelhantes a ninhos, mas como não foram encontrados reprodutores, não foram consideradas ninhos. Lenz e Roisin (1998) denominaram estas estruturas de “staging posts” utilizadas pelos cupins forrageiros, próximo de uma fonte alimentar importante.

A distribuição dos forrageiros e imaturos entre os locais de alimentação de uma colônia é bastante difícil de observar, devido ao hábito críptico destes insetos. Por este fato, o estudo de colônias inteiras sob condições laboratoriais facilita o entendimento desta problemática em colônias naturais. Em vista do exposto, este estudo pretendeu elucidar o deslocamento de colônias inteiras de *C. gestroi* para fontes de alimento alternativas e como ocorre a distribuição das castas por estas fontes alimentares. Assim, objetivou-se responder as seguintes questões: Existe alocação de larvas e reprodutores entre as diferentes fontes alimentares utilizadas por uma colônia de *C. gestroi*? Ocorre um padrão comportamental de movimento de castas? Colônias de idades próximas se comportam de maneira similar?

3. MATERIAL E MÉTODOS

Cupins: As colônias de *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896) utilizadas no presente estudo foram formadas a partir de reprodutores alados coletados em revoadas ocorridas nos anos de 2005, 2006 e 2007. Os reprodutores foram sexados em laboratório, pareados e dispostos em placas de Petri plásticas (6 cm de diâmetro), para desenvolverem as colônias. Após um ano, as colônias foram transferidas para recipientes plásticos descartáveis de 145 mL. O alimento fornecido foi serragem de *Pinus* sp. envelhecida e umedecida, sendo que as colônias foram mantidas em sala climatizada com temperatura de $25 \pm 3^\circ\text{C}$.

Para o entendimento do deslocamento de colônias inteiras de *C. gestroi* durante o forrageamento, foram desenvolvidos três experimentos, envolvendo fontes alimentares similares e fontes alimentares diferentes.

2.1. Experimento I - Forrageamento em fontes similares com duas câmaras.

Para o desenvolvimento deste experimento foram utilizados 2 recipientes plásticos de 395 mL (câmaras A e B) conectados por um tubo plástico transparente de 0,5 m de comprimento (0,5 cm de diâmetro). As câmaras A e B foram preenchidas com 150 mL de serragem de *Pinus* sp. envelhecida e previamente umedecida (Figura 1). Para este experimento foram realizadas 9 repetições com colônias incipientes de laboratório de 4 anos de idade. Para a avaliação da alocação de reprodutores e jovens, foi verificada a presença de jovens ou do casal real na câmara B. Para isso, depois de 6 meses de experimentação, foram avaliadas três repetições para verificar se houve alocação de jovens ou do casal real para a outra câmara. Adicionalmente, foi contabilizado o número de indivíduos das diversas castas encontrados nas câmaras A e B. Após 9 e 12 meses foram avaliadas as outras seis repetições restantes, sendo três de cada vez. Os experimentos foram desenvolvidos em sala ambiente, no escuro e com temperatura controlada ($25 \pm 3^\circ\text{C}$). As serragens dos experimentos foram umedecidas quando necessário, para manter uma umidade adequada nos recipientes. Para a análise dos dados de realocação de operários e soldados foi realizado um teste de Kruskal-Wallis e o teste *a posteriori* de Student-Newman-Keuls ($\alpha = 0,05$).

2.2. Experimento II - Forrageamento em fontes similares com três câmaras com colônias de 5 e 6 anos.

Para o desenvolvimento deste experimento foi utilizado um recipiente plástico de 1,7 L (câmara A) conectado, em lados opostos, a dois recipientes plásticos de 0,8 L (câmaras B e C) por tubos plásticos transparentes de 0,5 cm de diâmetro e 2 m de comprimento (Figura 2). As câmaras A, B e C foram preenchidas com 150 mL de serragem envelhecida de *Pinus* sp. previamente umedecida. Neste experimento foram realizadas 6 repetições com colônias incipientes de laboratório de 5 anos e 6 repetições com colônias de 6 anos. Após 6 meses de experimentação, foram avaliadas 3 repetições com colônias de 5 anos e 3 repetições com colônias de 6 anos, para averiguar se houve realocação dos reprodutores e demais indivíduos entre as câmaras. As outras repetições com colônias de 5 e 6 anos foram avaliadas após 12 meses do início do experimento. Estes bioensaios foram desenvolvidos em sala ambiente, no escuro e com temperatura controlada ($25 \pm 3^{\circ}\text{C}$). As serragens dos experimentos foram umedecidas quando necessário, para manter uma umidade adequada nos recipientes. Para a análise dos dados de realocação de operários e soldados foi realizado um teste de Kruskal-Wallis e o teste *a posteriori* de Student-Newman-Keuls ($\alpha = 0,05$).

2.3. Experimento III - Forrageamento em fontes diferentes com três câmaras com colônias de 5 e 6 anos

Para o desenvolvimento deste experimento foi utilizado um recipiente plástico de 1,7 L (câmara A), preenchido com serragem de *Pinus* sp. umedecida e conectado em lados opostos a dois recipientes plásticos de 0,8 L (câmaras B e C) por tubos plásticos transparentes de 2 m de comprimento (diâmetro = 0,5 cm). As câmaras B e C foram preenchidas com 100 mL de areia umedecida. Na câmara B foi adicionado um pedaço de madeira de *P. elliottii*, com 100 cm³ de volume (2 cm x 5 cm x 10 cm) sobre a areia e na câmara C um bloco de *P. elliottii* de 27 cm³ volume (3 cm x 3 cm x 3cm) (Figura 3). A areia utilizada foi previamente esterilizada em estufa durante 48 horas a 70°C. Neste experimento foram realizadas 6 repetições com colônias incipientes de laboratório de 5 anos e 6 repetições com colônias de 6 anos de idade, sendo que após 6 meses de experimentação, foram avaliadas 3 repetições com colônias de 5 anos e 3 repetições com colônias de 6 anos. As outras 6 repetições foram avaliadas após 12 meses do início do experimento. Adicionalmente, foi contabilizado o número de indivíduos das diversas castas encontrados nas câmaras A, B e C e tubos conectores. Estes bioensaios foram desenvolvidos em sala ambiente com baixa luminosidade

e com temperatura controlada ($25 \pm 3^\circ\text{C}$). As serragens e a areia dos experimentos foram umedecidas quando necessário, para manter uma umidade adequada nos recipientes. Para a análise dos dados de realocação de operários e soldados foi realizado um teste de Kruskal-Wallis e o teste *a posteriori* de Student-Newman-Keuls ($\alpha = 0,05$).

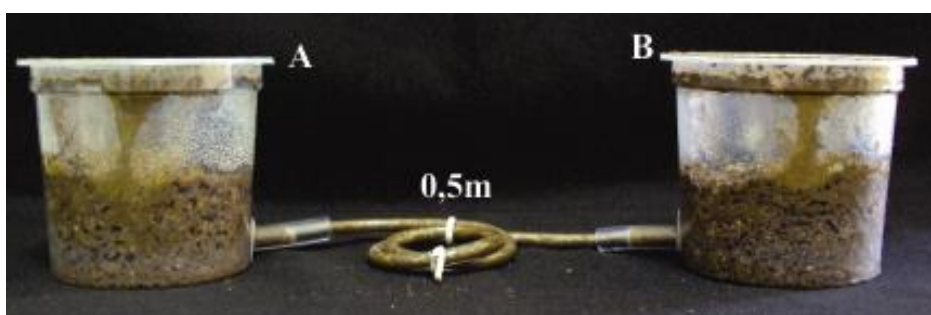


Figura 1 – Ilustração do experimento de duas câmaras com colônia de 4 anos de *Coptotermes gestroi*.

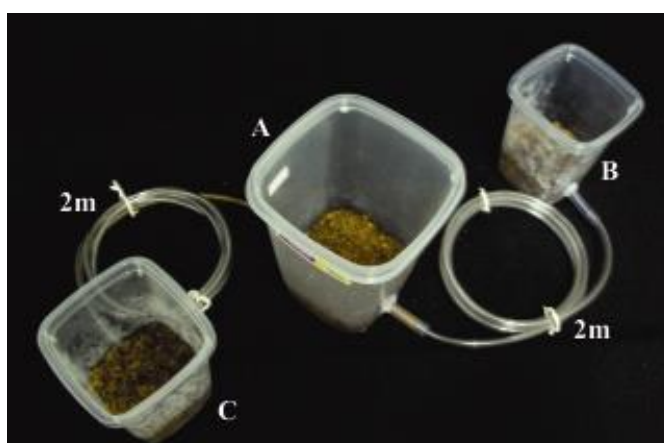


Figura 2 – Ilustração do experimento de três câmaras com colônias de 5 e 6 anos de *Coptotermes gestroi*.

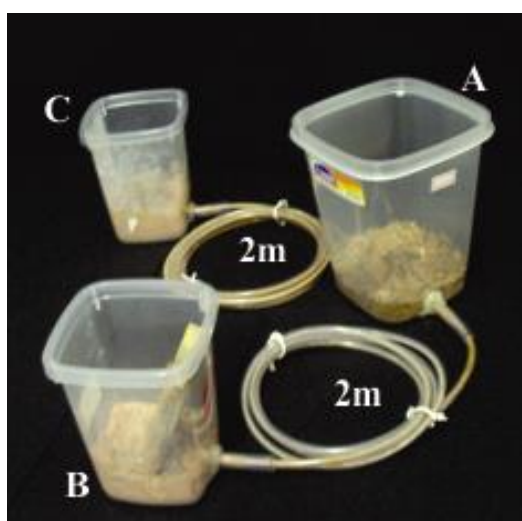


Figura 3 – Ilustração do experimento de três câmaras diferentes com colônias de 5 e 6 anos de *Coptotermes gestroi*.

4. RESULTADOS

4.1. Forrageamento com duas câmaras

4.1.1 Alimentos similares e colônias de 4 anos

Os resultados referentes ao número de cada casta e instar encontrados nos diferentes recipientes e tubos conectores estão dispostos na Tabela 1. Após o período de experimentação, somente a colônia 2 não forrageou até o recipiente B, porém foi encontrada parte da população no tubo que ligava os dois recipientes. Nas outras 8 colônias foram encontrados operários e soldados nos recipientes A e B e nos tubos conectores. O rei foi encontrado no recipiente A em uma colônia, no B em outra e no tubo conector nas seis restantes. Já a rainha foi encontrada no tubo conector em sete colônias e no recipiente A em apenas duas delas.

Larvas e ovos estavam ausentes somente na colônia 7. As larvas foram encontradas no recipiente B e tubo conector nas colônias 1, 3, 5 e 6 (Tabela 1). Nas outras colônias as larvas foram encontradas somente no recipiente A. Os ovos foram encontrados no recipiente B e tubo conector nas colônias 1, 3 e 6 e, nas demais colônias, no recipiente A.

Os operários foram encontrados nos dois recipientes (A e B) em 5 colônias, sendo que apenas na colônia 2 não houve realocação desta casta para o recipiente B. Em 66% das colônias analisadas, o número de operários foi maior no recipiente A. Contudo, este resultado não diferiu daquele obtido para o recipiente B ($P = 0,0636$) e tubo conector ($P = 0,1451$). Também não houve diferença significativa quando comparados o número de operários do recipiente B com o do tubo conector ($P = 0,5660$). Somente na colônia 2, a casta de soldados não foi encontrada no recipiente B. O número de soldados foi maior no recipiente A em 4 colônias. Este resultado diferiu significativamente daquele encontrado para o tubo conector ($P = 0,0134$), mas foi similar ao obtido para o recipiente B ($P = 0,1849$). Quando o número de soldados do recipiente B e o do tubo conector foram comparados não houve diferença significativa ($P = 0,2320$).

Tabela 1 – Censo da população e dos ovos e localização dos diferentes indivíduos nas colônias de 4 anos de *Coptotermes gestroi*, após o período de experimentação com alimentos similares.

	População/ovos	Recipiente A	Recipiente B	Tubo conector
Colônia 1	Operários	55	149	128
	Soldados/Pré-soldados	15	19	13/1
	Larvas	-	11	2
	Ovos	1	1	12
	Rei	-	+	-
	Rainha	-	-	+
Colônia 2	Operários	138	-	39
	Soldados	13	-	1
	Larvas/Ovos	7/1	-	-
	Rei	+	-	-
	Rainha	-	-	+
Colônia 3	Operários	80	225	603
	Soldados	24	40	43
	Larvas	4	22	7
	Ovos	-	31	-
	Rei	-	-	+
	Rainha	-	-	+
Colônia 4	Operários	1324	56	185
	Soldados	86	17	22
	Larvas/Ovos	145/51	-	-
	Rei	-	-	+
	Rainha	-	-	+
Colônia 5	Operários	913	122	238
	Soldados/Pré-soldados	34/4	21	12/1
	Larvas	299	-	5
	Ovos	85	-	-
	Rei	-	-	+
	Rainha	-	-	+
Colônia 6	Operários	229	217	136
	Soldados/Pré-soldados	37/3	27	7
	Ovos	-	34	-
	Larvas	1	17	48
	Rei	-	-	+
	Rainha	-	-	+
Colônia 7	Operários	491	154	167
	Soldados	77	21	7
	Rei	-	-	+
	Rainha	-	-	+
Colônia 8	Operários	683	138	113
	Soldados	49	36	7
	Larvas/Ovos	18/13	-	-
	Rei	+	-	-
	Rainha	+	-	-
Colônia 9	Operários	177	28	37
	Soldados	10	5	2
	Larvas/Ovos	5/37	-	-
	Rei	+	-	-
	Rainha	+	-	-

+ presença; - ausência

4.2. Forrageamento com três câmaras

4.2.1. Alimentos similares e colônias de 5 anos

Os resultados referentes ao número de cada casta e ínstar encontrados nos diferentes recipientes e tubos conectores estão dispostos na Tabela 2. Após os períodos de experimentação, somente a colônia 1 não forrageou até os recipientes B e C, porém foi encontrada parte da população no tubo que conectava o recipiente A e C. Nas outras 5 colônias foram encontrados operários e soldados nos recipientes A, B, C e nos tubos conectores. O casal de reprodutores foi encontrado no recipiente C nas colônias 2 e 4, no tubo que ligava os recipientes A e C na colônia 1 e no recipiente A nas colônias 3, 5 e 6, ou seja, eles foram encontrados no recipiente em que foram dispostos no início do experimento (câmara A) em 50% dos experimentos.

Larvas estavam presentes em todas as colônias analisadas. Estes imaturos foram encontrados nos recipientes B e C e tubo conector de C nos experimentos com as colônias 1, 2, 4 e 5 (Tabela 2). Nas outras colônias as larvas foram encontradas somente no recipiente A. Ovos estavam presentes em cinco colônias, sendo que somente a colônia 2 não os possuía. Na colônia 4, os ovos foram encontrados no recipiente C, sendo que nas outras colônias analisadas eles estavam restritos ao recipiente A (Tabela 2).

Em cinco colônias, os operários foram encontrados nos três recipientes e nos dois tubos conectores. Apenas na colônia 1 não houve realocação desta casta para os outros recipientes. O número de operários foi maior no recipiente A em 66% das colônias analisadas e este número foi significativamente diferente quando comparado àquele encontrado no recipiente B ($P = 0,0250$). Porém, o número de operários no recipiente A não diferiu daquele encontrado no recipiente C ($P = 0,1495$) e nos tubos conectores para B ($P = 0,2002$) e para C ($P = 0,1093$). Também não houve diferença significativa quando comparados o número de operários do recipiente B com o do recipiente C ($P = 0,2971$) e tubos conectores para B ($P = 0,1727$) e para C ($P = 0,4225$) e do recipiente C com tubos conectores para B ($P = 0,6889$) e para C ($P = 0,2623$). Em cinco colônias, o número de soldados foi maior no recipiente A, sendo este resultado significativamente diferente daquele encontrado no tubo conector ($P = 0,0134$). Contudo, não diferiu daquele obtido para o recipiente B ($P = 0,1849$). Adicionalmente, não houve diferença significativa quando foram comparados o número de soldados do recipiente B com o dos tubos conectores ($P = 0,2320$).

Tabela 2 – Censo da população e dos ovos e localização dos diferentes indivíduos nas colônias de 5 anos de *Coptotermes gestroi*, após o período de experimentação com alimentos similares.

		Recipiente			Tubo	
		A	B	C	Conector p/ B	Conector p/ C
Colônia 1	Operários	165	-	-	-	60
	Soldados	25	-	-	-	1
	Pré-soldados	1	-	-	-	-
	Larvas	9	-	-	-	1
	Ovos	1	-	-	-	-
	Rei	-	-	-	-	+
	Rainha	-	-	-	-	+
Colônia 2	Operários	33	109	81	138	37
	Soldados	9	4	9	9	6
	Pré-soldados	-	4	-	-	-
	Larvas	-	29	9	-	-
	Rei	-	-	+	-	-
	Rainha	-	-	+	-	-
Colônia 3	Operários	330	10	24	64	57
	Soldados	26	1	5	7	3
	Pré-soldados	4	-	-	-	-
	Larvas	39	-	-	-	-
	Ovos	28	-	-	-	-
	Rei	+	-	-	-	-
	Rainha	+	-	-	-	-
Colônia 4	Operários	52	30	223	119	53
	Soldados	13	2	9	8	4
	Pré-soldados	-	-	2	-	-
	Larvas	5	-	38	-	-
	Ovos	-	-	72	-	-
	Rei	-	-	+	-	-
	Rainha	-	-	+	-	-
Colônia 5	Operários	490	10	135	86	48
	Soldados	36	1	7	5	2
	Pré-soldados	4	-	-	-	-
	Larvas	178	-	1	-	1
	Ovos	237	-	-	-	-
	Rei	+	-	-	-	-
	Rainha	+	-	-	-	-
Colônia 6	Operários	1153	67	62	103	13
	Soldados	76	26	12	12	2
	Larvas	68	-	-	-	-
	Ovos	169	-	-	-	-
	Rei	+	-	-	-	-
	Rainha	+	-	-	-	-

+ presença; - ausência

4.2.2 Alimentos similares e colônias de 6 anos

Os resultados referentes ao número de cada casta e ínstar nos diferentes recipientes e tubos conectores estão dispostos na Tabela 3. Após o período de experimentação de 6 meses, a colônia 3 não apresentou forrageamento dos indivíduos para o recipiente B e sim para o C, mas foram encontrados indivíduos no tubo que ligava o recipiente A ao B. Nas outras cinco colônias foram encontrados operários e soldados nos recipientes A, B, C e nos tubos conectores. O rei foi encontrado no recipiente B nas colônias 5 e 6, no tubo que conectava os recipientes A e C nas colônias 2 e 3 e no recipiente A nas colônias 1 e 4, ou seja, ele estava no recipiente em que foi disposto no início do experimento (câmara A) em 33% dos experimentos. A rainha foi encontrada no recipiente B na colônia 5, no tubo que ligava os recipientes A e C nas colônias 2 e 3, no tubo que ligava os recipientes A e B na colônia 6 e no recipiente A nas colônias 1 e 4, ou seja, ela também foi encontrada no recipiente em que foi disposto no início do experimento (câmara A) em 33% dos experimentos.

Larvas e ovos estavam presentes em todas as colônias analisadas. Foram encontrados larvas nos recipientes B e C e tubo conector de C nas colônias 3, 5 e 6 (Tabela 3). Nas outras colônias as larvas foram encontradas somente no recipiente A. Os ovos foram encontrados no recipiente B nas colônias 5 e 6 (Tabela 3), sendo que nas demais colônias analisadas, estavam restritos ao recipiente A. Os operários foram encontrados nos três recipientes e nos dois tubos conectores em cinco colônias. Apenas na colônia 3 não houve realocação desta casta para o recipiente B. Em 66% das colônias analisadas, o número de operários foi maior no recipiente A e este número foi significativamente diferente quando comparado com aquele encontrado no recipiente C ($P = 0,0374$) e tubos conectores de B e de C ($P = 0,0039$). Porém, o número de operários encontrados no recipiente A não diferiu significativamente daquele obtido no recipiente B ($P = 0,2002$). Também não houve diferença significativa quando comparados o número de operários do recipiente B com do recipiente C ($P = 0,7488$) e tubos conectores para B ($P = 0,7488$) e para C ($P = 0,8728$) e do recipiente C com o dos tubos conectores para B ($P = 0,8728$) e para C ($P = 0,6310$). A casta de soldados também não foi encontrada no recipiente B na colônia 3 e nos recipientes B e C na colônia 4. O número de soldados foi maior no recipiente A em quatro das colônias e mostrou diferença significativa quando comparado àquele encontrado nos tubos conectores de B e de C ($P = 0,0039$), porém não diferiu do obtido nos recipientes B ($P = 0,2002$) e C ($P = 0,0547$). Também não houve diferença significativa quando comparados o número de soldados do recipiente B com o do

recipiente C ($P = 0,8728$) e tubos conectores para B ($P = 0,4225$) e para C ($P = 0,5211$) e do recipiente C com o dos tubos conectores para B ($P = 0,5718$) e para C ($P = 0,5738$).

Tabela 3 – Censo da população e dos ovos e localização dos diferentes indivíduos nas colônias de 6 anos de *Coptotermes gestroi*, após o período de experimentação com alimentos similares.

		Recipiente			Tubo	
		A	B	C	Conector p/ B	Conector p/ C
Colônia 1	Operários	306	15	62	49	3
	Soldados	23	7	8	3	1
	Pré-soldados	1	-	-	-	-
	Larvas	135	-	-	-	-
	Ovos	167	-	-	-	-
	Rei	+	-	-	-	-
	Rainha	+	-	-	-	-
Colônia 2	Operários	335	97	41	38	52
	Soldados	23	15	5	9	8
	Larvas	49	-	-	-	-
	Ovos	48	-	-	-	-
	Rei	-	-	-	-	+
	Rainha	-	-	-	-	+
Colônia 3	Operários	258	-	122	8	110
	Soldados	30	-	14	2	4
	Larvas	25	-	3	-	1
	Ovos	23	-	-	-	-
	Rei	-	-	-	-	+
	Rainha	-	-	-	-	+
Colônia 4	Operários	1221	19	24	88	23
	Soldados	74	-	-	6	4
	Pré-soldados	1	-	-	-	-
	Larvas	124	-	-	-	-
	Ovos	174	-	-	-	-
	Rei	+	-	-	-	-
	Rainha	+	-	-	-	-
Colônia 5	Operários	147	558	6	47	51
	Soldados	12	41	2	5	3
	Pré-soldados	1	2	-	-	-
	Larvas	2	5	-	-	-
	Ovos	-	13	-	-	-
	Rei	-	+	-	-	-
	Rainha	-	+	-	-	-
Colônia 6	Operários	260	407	792	65	91
	Soldados	27	27	45	2	9
	Pré-soldados	1	2	1	-	1
	Larvas	1	12	-	-	-
	Ovos	-	5	-	-	-
	Rei	-	+	-	-	-
	Rainha	-	-	-	+	-

+ presença; - ausência

4.2.3. Alimentos diferentes e colônias de 5 anos

Os resultados referentes ao número de indivíduos de cada casta e ínstar nos diferentes recipientes e tubos conectores estão dispostos na tabela 4. Após o período de experimentação de 6 meses a colônia 1 não apresentou forrageamento dos indivíduos para o recipiente B e C, a colônia 2 forrageou somente para o recipiente C a colônia 3 somente para o recipiente B. Já para o período de 12 meses, a colônia 4 forrageou somente para C e a população da colônia 6 permaneceu no recipiente A. Das 6 colônias analisadas somente a 5 explorou as duas fontes alternativas de alimento. O casal de reprodutores foi encontrado no recipiente B na colônia 3 e no recipiente C na colônia 5. Portanto, os reprodutores permaneceram no recipiente A em 66% dos experimentos.

Os ovos estavam presentes em cinco colônias e estes foram encontrados no recipiente B e C e/ou nos tubos conectores nas colônias 2, 3 e 5. Somente quatro colônias continham larvas, sendo que em metade destas colônias as larvas foram encontradas em recipientes diferentes do A (“câmara de soltura”).

Os operários foram encontrados nos três recipientes e nos dois tubos conectores somente na colônia 5. A casta permaneceu no recipiente A nas colônias 1, 4 e 6. Nas colônias 2 e 3 os operários foram encontrados nos recipientes B e C, respectivamente. Em 66% das colônias analisadas, o número de operários foi maior no recipiente A e foi significativamente diferente daquele do recipiente B ($P = 0,0250$) e tubos conectores de B e de C ($P = 0,0039$). Porém, o número de operários encontrado no recipiente A não diferiu significativamente daquele encontrado no recipiente C ($P = 0,1093$). Também não houve diferença significativa quando comparados o número de operários do recipiente B com o do recipiente C ($P = 0,8728$) e o dos tubos conectores para B e C ($P = 0,7488$) e do recipiente C com tubos conectores para B e C ($P = 0,7488$). A casta de soldados também foi encontrada nos três recipientes e tubos conectores somente na colônia 5. O número de soldados foi maior no recipiente A nas colônias 1, 2, 4, e 6 e mostrou diferença significativa quando comparado com aquele encontrado no recipiente B ($P = 0,0163$) e C ($P = 0,0374$) e nos tubos conectores de B e C ($P = 0,0039$).

Tabela 4 – Censo da população e dos ovos e localização dos diferentes indivíduos nas colônias de 5 anos de *Coptotermes gestroi*, após o período de experimentação com alimentos diferentes.

		Recipiente			Tubo	
		A	B	C	Conector p/ B	Conector p/ C
Colônia 1	Operários	131	-	-	-	-
	Soldados	18	-	-	-	-
	Ovos	7	-	-	-	-
	Rei	+	-	-	-	-
	Rainha	+	-	-	-	-
Colônia 2	Operários	244	-	100	-	26
	Soldados	45	-	7	-	5
	Larvas	7	-	-	-	-
	Ovos	47	-	-	-	1
	Rei	+	-	-	-	-
	Rainha	+	-	-	-	-
Colônia 3	Operários	72	182	-	25	-
	Soldados	8	16	-	6	-
	Larvas	-	29	-	-	-
	Ovos	-	196	-	-	-
	Rei	-	+	-	-	-
	Rainha	-	+	-	-	-
Colônia 4	Operários	156	-	-	-	-
	Soldados	18	-	-	-	-
	Larvas	4	-	-	-	-
	Ovos	11	-	-	-	-
	Rei	+	-	-	-	-
	Rainha	+	-	-	-	-
Colônia 5	Operários	80	29	612	21	25
	Soldados	15	11	40	1	1
	Larvas	-	-	59	-	-
	Ovos	-	-	40	-	-
	Rei	-	-	+	-	-
	Rainha	-	-	+	-	-
Colônia 6	Operários	289	-	-	-	-
	Soldados	22	-	-	-	-
	Pré-soldados	2	-	-	-	-
	Rei	+	-	-	-	-
	Rainha	+	-	-	-	-

+ presença; - ausência

4.2.4. Alimentos diferentes e colônias de 6 anos

Os resultados referentes ao número de indivíduos de cada casta e ístar nos diferentes recipientes e tubos estão dispostos na Tabela 5.

Após o período de experimentação de 6 meses as colônias 1 e 3 não exploraram o alimento do recipiente B, e se concentraram na fonte alimentar alternativa do recipiente C. Após o período de 12 meses a colônia 6 também mostrou indivíduos forrageando no recipiente C. Em 100% das colônias o casal de reprodutores foi encontrado no recipiente C, sendo que em todos os experimentos o rei e a rainha se locomoveram para outra fonte alimentar.

Todas as colônias continham ovos e estes foram encontrados somente no recipiente C. As larvas estavam presentes em cinco colônias e todas estavam também abrigadas no recipiente C.

Os operários foram encontrados nos três recipientes e nos dois tubos conectores em 3 colônias. Na outra metade dos experimentos os operários não forragearam para a fonte alimentar do recipiente B, portanto foram encontrados somente nos recipientes A e C e tubo conector de C. Em 100% das colônias analisadas, o número de operários encontrado foi maior no recipiente C e significativamente diferente quando comparado àqueles encontrados nos recipientes A ($P = 0,0039$) e B ($P = 0,0065$) e tubos conectores de B e de C ($P = 0,0039$). Não houve diferença significativa quando comparado o número de operários do recipiente A com o recipiente B ($P = 0,2623$) e tubos conectores para B ($P = 0,0651$) e para C ($P = 0,3367$) e do recipiente B com tubos conectores para B ($P = 0,8102$) e para C ($P = 0,2623$). A casta de soldados também não foi encontrada no recipiente B e tubo conector de B em três colônias. O número de soldados foi maior no recipiente C em cinco colônias estudadas e diferiu daquele encontrado para os recipientes A ($P = 0,0453$) e B ($P = 0,0104$) e tubos conectores de B e de C ($P = 0,0039$). Adicionalmente, também foi constatada diferença significativa no número de soldados do recipiente A com aquele dos tubos conectores de B ($P = 0,0202$) e de C ($P = 0,0051$). Contudo, o resultado não foi significativo quando foi comparado o número de soldados do recipiente A com o do recipiente B ($P = 0,0771$) e do recipiente B com o dos tubos conectores para B ($P = 0,7483$) e para C ($P = 0,8726$).

Tabela 5 – Censo da população e dos ovos e localização dos diferentes indivíduos nas colônias de 6 anos de *Coptotermes gestroi*, após o período de experimentação com alimentos diferentes.

		Recipiente			Tubo	
		A	B	C	Conector p/ B	Conector p/ C
Colônia 1	Operários	37	-	302	-	4
	Soldados	6	-	12	-	1
	Pré-soldados	-	-	4	-	-
	Larvas	-	-	42	-	-
	Ovos	-	-	22	-	-
	Rei	-	-	+	-	-
	Rainha	-	-	+	-	-
Colônia 2	Operários	85	2	542	30	57
	Soldados	22	5	27	7	6
	Pré-soldados	-	-	6	-	-
	Larvas	-	-	163	-	-
	Ovos	-	-	80	-	-
	Rei	-	-	+	-	-
	Rainha	-	-	+	-	-
Colônia 3	Operários	42	-	473	-	47
	Soldados	11	-	8	-	2
	Pré-soldados	-	-	4	-	-
	Larvas	-	-	4	-	-
	Ovos	-	-	4	-	-
	Rei	-	-	+	-	-
	Rainha	-	-	+	-	-
Colônia 4	Operários	167	329	970	65	100
	Soldados	33	22	58	5	4
	Larvas	-	-	81	-	-
	Ovos	-	-	115	-	-
	Rei	-	-	+	-	-
	Rainha	-	-	+	-	-
Colônia 5	Operários	50	97	801	50	23
	Soldados	13	11	57	10	1
	Pré-soldados	-	-	3	-	-
	Larvas	-	-	86	-	-
	Ovos	-	-	49	-	-
	Rei	-	-	+	-	-
	Rainha	-	-	+	-	-
Colônia 6	Operários	52	-	800	-	38
	Soldados	7	-	66	-	3
	Ovos	-	-	1	-	-
	Rei	-	-	+	-	-
	Rainha	-	-	+	-	-

+ presença; - ausência

5. DISCUSSÃO

A diversidade de cupins abrange diferentes comportamentos de forrageamento, principalmente na localização de novas fontes alimentares (TRANIELLO; LEOTHOLD, 2000). Além disso, os padrões de forrageamento dos cupins podem ser influenciados por interações territoriais (ADAMS; LEVINGS, 1987).

De acordo com Perry e Pianka (1997), a ecologia do comportamento de forrageamento dos animais está centrada nos custos e benefícios energéticos, o que gera decisões na procura do alimento (onde procurar e por quanto tempo) e na própria dieta (quais itens alimentares coletar). Assim, os cupins forrageiros avaliam a eficiência energética do alimento, seus benefícios nutricionais e as alternativas que a colônia dispõe naquele determinado momento (COSTA-LEONARDO, 2008). Por outro lado, os ninhos dos cupins e as estratégias de forrageamento estão conectados (LONG; THORNE, 2006). Em ninhos policíclicos, a população da colônia pode estar distribuída entre os ninhos, que muitas vezes encontram-se nas fontes alimentares.

O presente estudo visou compreender a distribuição das populações de colônias de três diferentes idades do cupim *C. gestroi*, sendo que de um total de 33 colônias analisadas, somente em três delas o casal de reprodutores foi encontrado em diferentes câmaras. Após experimentação, em 11 colônias, o casal estava na “câmara de soltura” (recipiente A). Porém, somente em duas colônias o casal foi encontrado no recipiente B. Em contrapartida, em nove colônias o casal de reprodutores estava no recipiente C. Além disso, nos tubos conectores foram encontrados 8 casais. Larvas e ovos estavam nas diversas câmaras e também nos tubos conectores, mas não necessariamente no mesmo local dos reprodutores. Em várias ocasiões o casal real estava em um recipiente e as larvas e ovos em outros, mostrando que os operários podem carregar os jovens e ovos na procura de um local com condições mais adequadas. As colônias apresentaram respostas diferentes quanto à alocação de seus reprodutores e jovens, independente das condições de alimentação (similares ou não). Porém, no experimento com alimentos diferentes, as colônias de 5 anos mostraram um padrão nos resultados, ou seja, todos os reprodutores foram encontrados no alimento do recipiente C. Este fato indicou uma grande mobilidade dos reprodutores. Das 33 colônias analisadas após experimentação, 28 apresentavam larvas e ovos concomitantemente. Destas 28 colônias, em 61% delas os ovos e as larvas estavam juntos no mesmo recipiente. Em duas colônias havia um único ovo separado

do montante de ovos que estava agrupado com as larvas. Provavelmente, resultante de postura da rainha, em situação “pré-transporte”. A mesma explicação é válida para as larvas encontradas em recipientes diferentes, uma vez que estas eram diminutas.

Após o término do experimento I, foi possível verificar que das 9 colônias de 4 anos de idade analisadas, o casal de reprodutores foi encontrado junto no recipiente A somente nas colônias 8 e 9. Já o rei da colônia 2 estava sozinho na “câmara de soltura” (recipiente A). Na colônia 1, o rei foi encontrado no recipiente B e nas outras cinco colônias restantes no tubo conector. Por sua vez, a rainha estava no tubo conector em 7 colônias. Portanto, na maioria das colônias de 4 anos o casal estava junto na mesma câmara.

Para as colônias de 5 anos do experimento de três câmaras com alimentos similares, observou-se que, em três das seis colônias, os reprodutores foram encontrados na “câmara de soltura” (recipiente A), sendo que o rei e a rainha das colônias 2 e 4 foram encontrados no recipiente C e os da colônia 1 no tubo conector para C. Já para as colônias de 6 anos do mesmo experimento, somente dois casais foram encontrados na câmara A (colônias 1 e 4). Nas outras colônias o rei foi encontrado no tubo de conexão com C (colônias 2 e 3) e no recipiente B (colônias 5 e 6). A rainha foi encontrada no tubo conector de A e C (colônias 2 e 3), no recipiente B (colônia 5) e no tubo para B (colônia 6). Além disso, nas colônias de 6 anos deste experimento, o casal de reprodutores foi encontrado separado em uma das seis colônias. Estudos de Long (2005) com colônias inteiras de *Reticulitermes flavipes* mostraram resultados semelhantes. Segundo a autora, das 13 colônias de *R. flavipes* analisadas, em 12 os reprodutores foram encontrados juntos. A literatura para cupins subterrâneos não esclarece se o rei participa das atividades coloniais. Estudos de Maistrello e Sbrenna (1999) com *Kaloterms flavipes* e de Pedro (2012) com *Cryptotermes brevis* mostram que o rei tem um papel ativo nos movimentos do casal em uma colônia.

Os resultados das Tabelas 2 e 3 mostram que na experimentação com três câmaras e alimentos similares só não ocorreu a alocação de reprodutores em poucas colônias. E nestes casos, a maioria das larvas e todos os ovos estavam confinados no recipiente A. Isto não ocorreu quando os reprodutores estavam nos tubos conectores. Já os resultados das Tabelas 4 e 5 mostram que na experimentação com três câmaras e alimentos de volumes desiguais ocorreu diferença na alocação dos reprodutores quando comparadas as idades das colônias (5 e 6 anos). Os resultados mostraram uma nítida preferência de colônias de 6 anos pela escolha da câmara C que continha um volume de *Pinus* de 27 cm³. Uma explicação para isto seria que colônias mais velhas conseguem se deslocar melhor. Além disso, estas colônias podem ter

sido motivadas pela apresentação do alimento da câmara C. Embora o alimento tivesse um volume menor, ele apresentava uma maior superfície para os cupins, uma vez que o tubo conector ficava na areia umedecida. Talvez este arranjo torne o ambiente mais propício para o núcleo da colônia, mantendo uma umidade mais adequada e mostrando as características de vivência dos cupins subterrâneos em fontes alimentares.

Estudos com 13 colônias incipientes de 8 anos de *R. flavipes* foram realizados para verificar a distribuição das castas em três diferentes câmaras, sendo estas conectadas por tubos de 3,5 m de comprimento. Os resultados do segundo censo após 20 meses mostraram que 4 casais de reprodutores foram encontrados na câmara de soltura, 6 casais mudaram para outras câmaras e 3 estavam nos tubos conectores (LONG; THORNE, 2006). Segundo as autoras, os resultados indicam que as colônias de *R. flavipes* não possuem uma câmara central contendo ovos, “larvas” e reprodutores e sugerem também que as análises dos censos mostram que os reprodutores se movimentaram em todos os experimentos. Estes resultados corroboram com aqueles encontrados neste estudo para *C. gestroi* que mostram que os reprodutores das colônias incipientes possuem certa mobilidade e podem mudar mesmo com a ausência de estresses (como escassez de alimento, mudanças ambientais e predação).

6. CONCLUSÕES

- Colônias de *C. gestroi* apresentam alocação de jovens e de reprodutores entre diferentes fontes alimentares. Nas colônias estudadas o casal de reprodutores e os jovens foram encontrados nas fontes alimentares alternativas.
- Existe uma preferência na manutenção conjunta das larvas e ovos em colônias de *C. gestroi*.
- O deslocamento das colônias inteiras de *C. gestroi* não apresentou um padrão comportamental característico. Porém, a alocação dos reprodutores é mais freqüente em colônias mais velhas e parece ter uma influência da fonte alimentar.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, E.A.; LEVINGS, S.C. Territory size and population limits in mangrove termites. **Journal of Animal Ecology**, 56, p. 1069-1081, 1987.

COSTA-LEONARDO, A.M. Dinâmica do forrageamento em cupins subterrâneos. In: VILELA, E.F.; SANTOS, I.A.; SCHOEREDER, J.H.; SERRÃO, J.E.; CAMPOS, L.A.O.; LINO-NETO, J. (Eds.). **Insetos Sociais. Da biologia à Aplicação**. pp. 347-358, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008.

GRASSÉ, P.-P. **Termitologia - Tom II: Fondations des société Construction**, Chap.V pp. 162-208, Masson, Paris, 1984.

LELIS, A.T. Termite problem in São Paulo city – Brazil. In: LENOIR, A.; ARNOLD, G.; LEPAGE, M. **Les insects sociaux**. Paris: Université Paris Nord. Trabalho apresentado no 12º Congress of the International Union for the Study of Social Insects – IUSSI. 1994, 253 p.

LELIS, A.T. A nest of *Coptotermes havilandi* (Isoptera, Rhinotermitidae) off ground level, found in the 20th story of a building in the city of São Paulo, Brazil. **Sociobiology**, v. 26, p. 241-245, 1995.

LELIS, A.T. Primeiro registro no Brasil de rainha de substituição de *Coptotermes havilandi* e sua implicação no controle desse cupim. **Vetores e Pragas**, n. 4, p. 19-23, 1999.

LENZ, M.; ROISIN, Y. The reproductive biology in the termite genus *Coptotermes*: a review based on orphaning studies with Australian species. **Social insects at the turn of the millenium**, p. 279, Publication Publié, 1998.

LONG, C.E. ***Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae) colonies: reproductive lifespans, caste ratios, nesting and foraging dynamics, and genetic architecture**. 109f. Dissertação. Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, College Park, 2005

LONG, C.E.; THORNE, B.L. Resource fidelity, brood distribution and foraging dynamics in complete laboratory colonies of *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Ethology, Ecology & Evolution**, v. 18, p. 113-125, 2006.

MAISTRELLO, L.; SBRENNNA, G. Behavioural differences between male and female replacement reproductives in *Kaloterms flavicollis* (Isoptera, Kalotermitidae). **Insectes Sociaux**, 46, p. 186–191, 1999.

PEDRO, L.P.A. ***Cryptotermes brevis* (Isoptera, Kalotermitidae): biologia e polimorfismo de imaturos**. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Biologia). Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

PERRY, G.; PIANKA, E.R. Animal foraging: past, present and future. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 12, p. 360–364, 1997.

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

TRANIELLO, J.F.A.; LEOTHOLD, R.H. Behavior and ecology of foraging in termites. In: ABE, T.; BIGNELL, D.E.; HIGASHI, M. (Eds). **Termites: evolution**, 2000.

CAPÍTULO 4

“Necessidades hídricas: análise de colônias inteiras e grupos de cupins forrageiros de *Coptotermes gestroi* (Isoptera, Rhinotermitidae)”

1. RESUMO

Os padrões de distribuição dos cupins mostram que a umidade e a temperatura são os principais fatores físicos que limitam a distribuição dos Isoptera. Do ponto de vista individual, a manutenção de água é primordial para a sobrevivência dos cupins sob condições áridas. Em vista disso, o presente estudo desenvolveu bioensaios com colônias inteiras de 7 anos de *Coptotermes gestroi*, mantidas em laboratório, para compreender como estas colônias se comportam frente a fontes hídricas levando em consideração o tempo de encontro da referida fonte e o fluxo de indivíduos engajados nesta busca. Além disso, os experimentos visaram compreender como ocorre a aquisição de água por grupos de cupins forrageiros coletados de colônias naturais. Para avaliar as necessidades hídricas de colônias inteiras foram realizados experimentos utilizando-se 1 recipiente plástico de 250 mL (câmara A) contendo 80 mL de serragem de *Pinus* sp. umedecida, conectado a quatro outros recipientes de 395 mL (câmaras B, C, D e E), sendo que, as câmaras B e C continham um bloco de *Pinus elliottii* de 27 cm³ e as câmaras D e E uma placa de Petri preenchida com vermiculita umedecida. Todas as colônias, exceto a colônia 1, chegaram às duas fontes hídricas (B e C). O tempo para o início da exploração destas fontes variou entre as colônias, porém não foi estatisticamente significativa. Além disso, o número de indivíduos nos fluxos para as fontes hídricas foi diferente entre as colônias e este número foi influenciado pela ordem em que as fontes hídricas foram encontradas. Paralelamente, para avaliar as respostas ao estresse hídrico foram desenvolvidos dois bioensaios utilizando-se grupos de 20 operários coletados em colônias naturais. Cada grupo foi pesado conjuntamente e colocado em placas de Petri desprovidas de fonte hídrica e alimento por períodos de 3, 15 e 30 horas. No primeiro bioensaio as placas de Petri controles continham papel filtro umedecido e no segundo uma porção de areia umedecida. Para cada período de estresse hídrico (3, 15 e 30 horas) foram realizadas 10 repetições e 10 controles. Após o período sem água os cupins foram pesados novamente para avaliação da redução de massa. Após adição de uma fonte hídrica, os cupins foram pesados novamente após 1, 2 e 3 horas, com o objetivo de verificar a ocorrência de hidratação dos insetos. Nos dois bioensaios, os grupos forrageiros após os três períodos de estresse hídrico, perderam massa e esta redução foi maior no período de 30 horas. Após a adição da fonte hídrica, os cupins se hidrataram e suas massas resultantes mostraram valores próximos

quando da pesagem inicial. Colônias inteiras de *C. gestroi* forragearam e exploraram as duas fontes hídricas extras, mostrando que esta espécie necessita de muita umidade para a sua sobrevivência. A intensidade do fluxo de forrageiros entre a “câmara de soldadura” (A) e as fontes hídricas (recipientes B e C) foi influenciada pela ordem em que as fontes foram encontradas. Os resultados mostraram que forrageiros de *C. gestroi* são capazes de se reidratar após condições de estresse hídrico.

Palavras-chave: estresse hídrico; fonte de água; cupins; reidratação

2. INTRODUÇÃO

A capacidade de tolerar a perda de água é crucial para animais que vivem em ambientes terrestres. Os indivíduos que têm a capacidade de habitar ambientes extremos em relação à falta de água, possuem adaptações fisiológicas ou especializações que podem ter evoluído para reduzir a perda de água do corpo (HADLEY, 1994; HU et al., 2012). Os insetos apresentam adaptações como o exoesqueleto de cutícula, traqueias, túbulos de Malpighi e ovos impermeáveis fazendo com que evitem a perda de água, permitindo que os hexápodes sejam organismos terrestres bem adaptados (RUPPERT et al., 2005).

Os isópteros são altamente suscetíveis à dessecação e, sendo assim, a umidade é um fator importante para a sobrevivência dos cupins. O estresse hídrico desempenha um fator crucial na biologia e ecologia dos cupins, já que interfere na dinâmica populacional, na fundação da colônia e alimentação, e nas atividades de forrageamento (HAAGSMA et al., 1995; ABE et al., 2000; HU et al., 2012). Os operários da maioria das espécies de cupins possuem cutícula pouco esclerotizada (DELAPLANE; LA FAGE, 1989) e podem perder água por meio desta e por aberturas externas, tais como a boca e espiráculos. Segundo Shelton e Grace (2003) a espécie *Coptotermes gestroi* apresenta menor permeabilidade cuticular quando comparada com a espécie de mesmo gênero *Coptotermes formosanus*. Esta diferença pode ser explicada pelo ambiente onde as espécies são encontradas, já que a primeira espécie é amplamente distribuída nos trópicos e a segunda é de clima temperado (HU et al., 2012).

Muitas espécies de cupins vivem em regiões áridas e semiáridas, e a manutenção do equilíbrio osmótico e iônico individual é restrita à capacidade destes insetos de obterem água de solos com baixos conteúdos de água (SIEBER; LEUTHOLD, 1981; SIEBER; KOWARO, 1982; LYS; LEUTHOLD, 1994; GRUBE; RUDOLPH, 1999). Os cupins da família Kalotermitidae vivem em ambientes extremamente secos e por isso possuem papilas retais que são adaptações para reabsorver água eliminando fezes bastante sólidas (COSTA-LEONARDO, 2002). A tolerância à dessecação varia entre as espécies de Isoptera e também dentro dos diferentes estágios e parece estar relacionada com o modo de forrageamento (GRUBE; RUDOLPH, 1999).

Muitos fatores podem influenciar a exploração e o forrageamento dos cupins e um deles é a umidade do substrato. Segundo Puche e Su (2001) a presença de alimentos não

afetou o tunelamento do cupim *C. formosanus*, mas quando ocorreu um aumento da umidade, foi constatado um aumento do tunelamento destes insetos. Os estudos laboratoriais de Arab e Costa-Leonardo (2005) indicaram que as espécies *C. gestroi* e *Heterotermes tenuis* também aumentaram a atividade de tunelamento com o aumento da umidade do substrato. Além disso, o comportamento de alimentação dos cupins também é influenciado pelo teor de umidade do alimento (GALLAGHER, 2010). Testes experimentais de preferência alimentar com grupos de cupins da espécie *C. formosanus*, mostraram que madeira úmida foi mais atrativa do que madeira seca (DELAPLANE; LA FAGE, 1989; DELAPLANE, 1991; LIMA, 2010).

Dados bibliográficos indicam que a perda de água é de importância primordial para a sobrevivência dos isópteros (COLLINS, 1969). A maioria dos insetos obtém água do alimento por via metabólica ou ingestão de água, ou, até mesmo, via vapor de água (CHAPMAN 1998; GALLAGHER, 2010). Os cupins também podem transportar água no papo, ou via reservatórios da glândula salivar, que funcionam como tanques para o transporte de água e foram denominados de “sacos de água” no caso de *Hodotermes mossambicus* (HEWITT et al., 1971; SIEBER; KOKWARO, 1982). Estes reservatórios com função de armazenamento de água, também foram descritos para a espécie de cupim subterrâneo *Reticulitermes santonensis* (WATSON et al., 1971; GRUBE et al., 1997; GRUBE; RUDOLPH, 1999). Adicionalmente, em cupins do gênero *Macrotermes* a hipofaringe tem uma ação de bomba que permite sugar água do solo (LYS; LEUTHOLD, 1994).

Em vista do exposto, este estudo verificou o comportamento de colônias inteiras de *C. gestroi* frente a fontes hídricas, levando em consideração o período em que foram encontrados cupins nas fontes e o fluxo de indivíduos entre a câmara de soltura e as câmaras com água. Adicionalmente, pretendeu-se responder a questão: se os cupins dispõem de duas fontes hídricas iguais e equidistantes, eles utilizam as duas ou se concentram em uma? Além disso, o presente estudo também verificou o comportamento de grupos de cupins forrageiros submetidos a diferentes estresses hídricos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Cupins: As colônias de *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896) utilizadas no presente estudo foram formadas a partir de reprodutores alados coletados em revoada no ano de 2004. Estes reprodutores foram sexados em laboratório, pareados e colocados para desenvolverem colônias em placas de Petri plásticas (6 cm de diâmetro). Após 1 ano as colônias foram transferidas para recipientes plásticos de 145 mL. Como alimento foi utilizada serragem de *Pinus* sp. envelhecida e umedecida, sendo as colônias mantidas em sala climatizada com temperatura de $25 \pm 3^\circ\text{C}$. Já os cupins forrageiros, provenientes de colônias naturais, foram capturados em armadilhas confeccionadas com papelão corrugado, colocadas no território de forrageamento de colônias localizadas na cidade de Rio Claro/SP.

3.1. Necessidades hídricas de colônias inteiras

Para o desenvolvimento deste experimento foi utilizado um recipiente plástico de 250 mL (câmara A) conectado a quatro recipientes plásticos de 395 mL (câmaras B, C, D e E) por tubos plásticos transparentes. A câmara A foi preenchida com 80 mL de serragem de *Pinus* sp. envelhecida e umedecida e conectada às câmaras B, C, D e E por tubos com 10 cm de comprimento (0,5 cm de diâmetro). As câmaras B e C continham uma placa da Petri (diâmetro = 6 cm) preenchida com vermiculita umedecida (ponto de saturação) que foi a fonte hídrica utilizada, enquanto as câmaras D e E continham um bloco de *Pinus elliottii* de 27cm^3 (3cm x 3cm x 3cm) (Figura 1). Neste experimento foram realizadas 10 repetições com colônias inteiras de 7 anos de idade.

Os experimentos foram observados semanalmente, sendo que foi computado o tempo que os cupins levaram para chegar às fontes de água e nas novas fontes alimentares. Após a descoberta de alguma fonte hídrica ou/e de alimento, foi observado o fluxo de indivíduos nos tubos conectores por um período de 10 minutos durante sete dias consecutivos. Estes experimentos foram desenvolvidos em sala ambiente com temperatura de $25 \pm 3^\circ\text{C}$. As placas com vermiculita foram umedecidas quando necessário. Para a análise dos dados de fluxo de forrageiros foi realizado um teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste a *posteriori* de Student-Newman-Keuls ($\alpha = 0,05$).

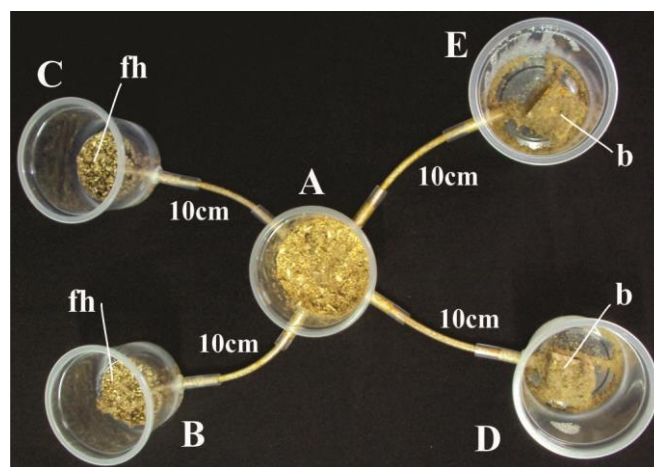


Figura 1 – Ilustração do experimento com colônias inteiras de *Coptotermes gestroi*. **b** = bloco de *Pinus elliottii*; **fh** = fonte hídrica.

3.2. Necessidades hídricas de grupos de forrageiros

Para avaliar as respostas de *C. gestroi* ao estresse hídrico foram desenvolvidos dois bioensaios em que grupos de 20 operários foram privados de água por períodos de 3, 15 e 30 horas. Cada grupo foi pesado previamente e colocado em placas de Petri (9 cm de diâmetro) desprovida de fonte hídrica e alimento. No primeiro bioensaio as placas de Petri dos grupos controles continham papel filtro (9 cm de diâmetro) umedecido (1 mL de água destilada) enquanto os grupos em tratamento permaneceram sem fonte hídrica (Figura 2). No segundo bioensaio, as placas de Petri dos grupos controles continham uma porção de areia umedecida (20%UR) enquanto os grupos em tratamento permaneceram sem fonte hídrica (Figura 3). Para cada período de estresse hídrico dos grupos em tratamento (3, 15 e 30 horas) foram realizadas 10 repetições e, do mesmo modo, 10 experimentos com grupos controles. Após o período de privação de água os cupins foram pesados novamente para avaliação da redução de massa. A seguir, os cupins do tratamento foram colocados em placas com papel filtro ou porção de areia no mesmo padrão do controle. Os cupins, então, foram pesados novamente após 1, 2 e 3 horas para verificar a ocorrência de hidratação destes insetos. Todos os experimentos foram desenvolvidos em sala ambiente, no escuro e com temperatura controlada ($25 \pm 3^{\circ}\text{C}$). Os dados foram analisados por meio de um teste t ($\alpha = 0,05$).

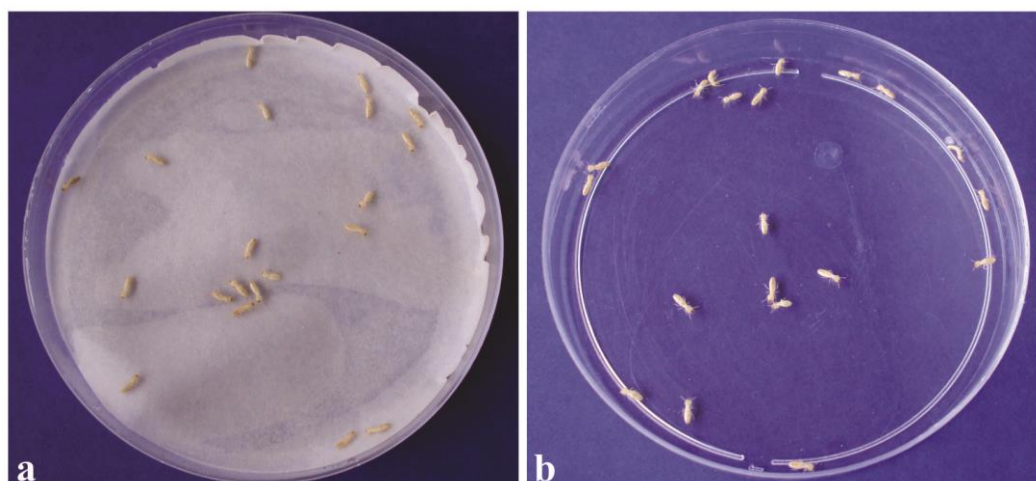


Figura 2 – Ilustração dos experimentos de necessidades hídricas utilizando-se papel filtro umedecido no grupo controle em *a* e sem fonte hídrica no grupo tratamento em *b*.

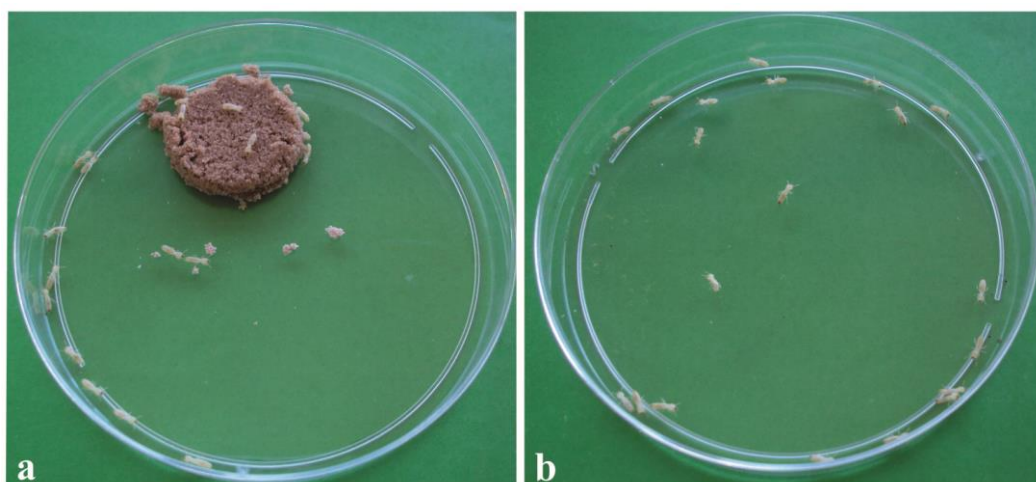


Figura 3 - Ilustração dos experimentos de necessidades hídricas utilizando-se areia umedecida no grupo controle em *a* e sem fonte hídrica no grupo tratamento em *b*.

4. RESULTADOS

4.1. Necessidades hídricas de colônias inteiras

Os resultados do censo da população das 10 colônias de 7 anos de idade de *C. gestroi* utilizadas no experimento de necessidades hídricas com colônias inteiras estão na Tabela 1.

Tabela 1 – População e ovos das 10 colônias de 7 anos de *Coptotermes gestroi*.

Colônia	Larvas	Operários	Pré-soldados	Soldados	Casal	Ovos	Total
1	51	261	-	30	+	91	344
2	50	587	1	47	+	143	687
3	35	405	-	49	+	40	491
4	1	388	-	41	+	-	432
5	56	1025	-	73	+	104	1156
6	13	308	-	18	+	15	341
7	7	520	2	25	+	25	556
8	5	525	5	29	+	35	566
9	1	223	-	24	+	41	250
10	9	878	12	55	+	82	956

+ presença

A população total variou entre 250 e 1156 indivíduos. O censo realizado mostrou que 100% das colônias de *C. gestroi* estudadas apresentaram larvas, operários e soldados, porém em quantidades variadas, 40% apresentaram pré-soldados e 90% apresentaram ovos (Tabela 1). As rainhas mostraram fisogastria similar (Tabela 2).

Tabela 2 – Peso das rainhas das colônias de *Coptotermes gestroi*.

Colônia	Peso (g)
1	0,0081
2	0,0104
3	0,0115
4	0,0098
5	0,0106
6	0,0111
7	0,0109
8	0,0108
9	0,0101
10	0,0102

As fontes hídricas B e C foram encontradas pelos cupins em 90% dos experimentos, ou seja, somente os indivíduos da colônia 1 não exploraram as fontes hídricas B e C. A fonte de alimento D foi consumida em 50% dos experimentos pelas colônias 2, 3, 5, 7 e 10. Já o bloco de madeira do recipiente E foi consumido por 60 % das colônias (colônias 1, 2, 4, 5, 8 e 10).

Todas as 10 colônias foram observadas pelo mesmo período de 270 dias. A Tabela 3 mostra o tempo (em dias) que as colônias levaram para encontrar as fontes hídricas e as novas fontes alimentares após a colocação de toda a população da colônia na câmara A (“câmara de soltura”). A quantidade de dias que as colônias levaram para chegar nas novas fontes hídricas foi bastante variável, com um mínimo de 8 e máximo de 125 dias para a fonte B e com um mínimo de 11 e máximo de 106 dias para a fonte C (Tabela 4). A análise estatística mostrou que não houve diferença significativa entre os tempos em que as fontes hídricas B e C foram encontradas ($P = 0,6580$).

Todas as colônias exploraram a fonte hídrica antes da fonte alimentar, com exceção da colônia 1.

Tabela 3 – Tempo (dias) que as colônias de *Coptotermes gestroi* levaram para encontrar as fontes hídricas e alimentares.

Colônias	Fontes Hídricas		Fontes alimentares	
	B	C	D	E
1	-	-	-	31
2	11	11	40	19
3	53	18	25	-
4	106	38	-	79
5	84	25	92	25
6	125	24	-	-
7	59	31	59	-
8	11	28	-	43
9	20	106	-	-
10	8	16	12	20

- fontes não encontradas até o término do experimento

A Figura 4 mostra o fluxo de ida e volta dos forrageiros (operários + soldados) na exploração das fontes hídricas B e C.

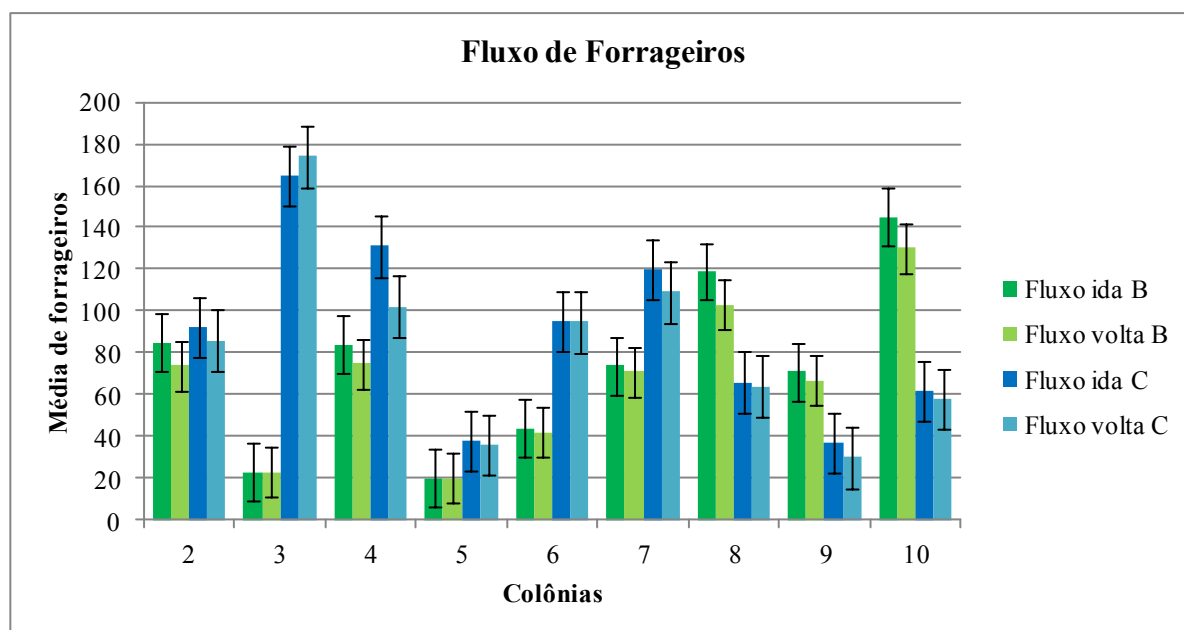


Figura 4 - Média de forrageiros indo de *Coptotermes gestroi* e voltando das fontes hídricas B e C.

Para a colônia 2, o fluxo para a fonte hídrica B foi em média de 85 indivíduos indo e de 74 indivíduos voltando para o recipiente A (Figura 4 e Tabela 4) e os dados de fluxo para esta colônia apresentaram diferença significativa entre a ida e volta ($P = 0,0321$). Adicionalmente, também foi observado o casal de reprodutores transitando pelo tubo conector em um dos dias de observação. Outras vezes, esta rainha também foi observada em movimento pelo tubo conector. Já o fluxo para a fonte hídrica C foi em média de 92 forrageiros indo e de 86 forrageiros voltando para o recipiente A (Figura 4 e Tabela 4) e os resultados não apresentaram diferença significativa ($P = 0,5541$). Também foram observados a rainha e o rei transitando pelo tubo conector da fonte hídrica C. Não houve diferença significativa entre o número de indivíduos do fluxo de ida para fonte hídrica B com o da fonte hídrica C ($P = 0,9165$) e no fluxo de volta ($P = 0,5015$).

Para a colônia 3, o fluxo para a fonte hídrica B foi em média de 23 indivíduos indo e de 23 indivíduos voltando para o recipiente A (Figura 4 e Tabela 4) e os dados de fluxo para esta colônia não apresentaram diferença significativa entre a ida e a volta ($P = 0,2367$). O fluxo para a fonte hídrica C foi em média de 165 indivíduos indo e de 174 voltando para o recipiente A e os dados não apresentaram diferença significativa ($P = 0,3620$). Adicionalmente também foi observado o rei transitando pelo tubo conector em dois dias de observação. Houve diferença significativa entre o número de indivíduos do fluxo de ida para a

fonte hídrica B com o da fonte hídrica C ($P < 0,0001$) e no fluxo de volta ($P = 0,0180$), sendo que estes fluxos foram mais intensos para a fonte hídrica C (Figura 4 e Tabela 4).

Para a colônia 4, o fluxo para a fonte hídrica B foi em média de 84 indivíduos indo e de 75 indivíduos voltando para o recipiente A (Figura 4 e Tabela 4) e os dados de fluxo para esta colônia apresentaram diferença significativa entre a ida e volta ($P = 0,0180$). O fluxo para a fonte hídrica C foi em média de 131 indivíduos indo e de 102 indivíduos voltando e os dados apresentaram diferença significativa ($P = 0,0016$). Adicionalmente, o rei foi visto transitando no tubo conector de C no primeiro dia de observação. Houve diferença significativa entre o número de indivíduos do fluxo de ida para a fonte hídrica B com o da fonte hídrica C ($P = 0,0180$) e no fluxo de volta ($P = 0,0064$).

Para a colônia 5, o fluxo para a fonte hídrica B foi em média de 20 indivíduos indo e de 20 indivíduos voltando para o recipiente A (Figura 4 e Tabela 4) e os dados de fluxo para esta colônia não apresentaram diferença significativa entre a ida e a volta ($P = 1,0000$). O fluxo para a fonte hídrica C foi em média de 38 indivíduos indo e de 36 indivíduos voltando para o recipiente A e os dados apresentaram diferença significativa ($P = 0,0382$). Não houve diferença significativa entre o número de indivíduos do fluxo de ida para a fonte hídrica B com o da fonte hídrica C ($P = 0,0952$). Já o número de indivíduos no fluxo de volta foi significativamente diferente entre as fontes hídricas B e C ($P = 0,0180$).

Para a colônia 6, o fluxo para a fonte hídrica B foi em média de 44 indivíduos indo e de 42 voltando para o recipiente A (Figura 4 e Tabela 4) e os dados de fluxo para esta colônia não apresentaram diferença significativa entre a ida e volta ($P = 0,5462$). O fluxo para a fonte hídrica C foi em média de 95 indivíduos indo e 95 indivíduos voltando para o recipiente A e os dados não apresentaram diferença significativa ($P = 0,7843$). Adicionalmente, os reprodutores foram vistos transitando no tubo conector em 5 dias de observação. Houve diferença significativa no número de indivíduos nos fluxos de ida ($P = 0,0138$) e de volta ($P = 0,0160$) entre os recipientes B e C, sendo o número de forrageiros mais intenso para o fluxo do recipiente C (Figura 4 e Tabela 4).

Para a colônia 7, o fluxo para a fonte hídrica B foi em média de 74 indivíduos indo e de 71 indivíduos voltando (Figura 4 e Tabela 4) e os dados de fluxo para esta colônia não apresentaram diferença significativa entre a ida e volta ($P = 0,3525$). Adicionalmente, no terceiro dia de observação, a rainha foi vista transitando no tubo conector de B. O fluxo para a fonte hídrica C foi em média de 120 indivíduos indo e de 109 voltando para o recipiente A e os dados não apresentaram diferença significativa ($P = 0,0929$). No primeiro, segundo e

terceiro dias de observação, a rainha foi vista transitando no tubo conector C. Não houve diferença significativa no número de indivíduos nos fluxos de ida ($P = 0,1730$) e de volta ($P = 0,1763$) entre os recipientes B e C, sendo o número de forrageiros mais intenso para o fluxo do recipiente C.

Para a colônia 8, o fluxo para a fonte hídrica B foi em média de 119 indivíduos indo e de 103 indivíduos voltando (Figura 4 e Tabela 4) e os dados de fluxo para esta colônia apresentaram diferença significativa entre a ida e a volta ($P = 0,0164$). Os reprodutores foram vistos transitando no tubo conector em 4 dias de observação. O fluxo para a fonte hídrica C foi em média de 66 indivíduos indo e de 64 indivíduos voltando para o recipiente A e os dados não apresentaram diferença significativa ($P = 0,5279$). Houve diferença significativa no número de indivíduos nos fluxos de ida ($P = 0,0038$) e de volta ($P = 0,0065$) entre os recipientes B e C, sendo o número de forrageiros mais intenso para o fluxo do recipiente B (Figura 4 e Tabela 4).

Para a colônia 9, o fluxo para a fonte hídrica B foi em média de 71 indivíduos indo e de 67 indivíduos voltando para o recipiente A (Figura 4 e Tabela 4) e os dados de fluxo para esta colônia não apresentaram diferença significativa entre a ida e volta ($P = 0,1091$). O casal de reprodutores foi visto transitando no tubo conector de B em um dos dias observação. O fluxo para a fonte hídrica C foi em média de 37 indivíduos indo e de 30 indivíduos voltando para o recipiente A e os dados não apresentaram diferença significativa ($P = 0,1572$). Houve diferença significativa no número de indivíduos nos fluxos de ida ($P = 0,0011$) e de volta ($P = 0,0005$) entre os recipientes B e C, sendo o número de forrageiros mais intenso para o fluxo do recipiente B (Figura 4 e Tabela 4).

Para a colônia 10, o fluxo para a fonte hídrica B foi em média de 145 indivíduos indo e de 130 indivíduos voltando para o recipiente A (Figura 4 e Tabela 4) e os dados de fluxo para esta colônia apresentaram diferença significativa entre a ida e volta ($P = 0,0413$). Adicionalmente, os reprodutores foram vistos transitando no tubo conector de B em um dos dias de observação e em um outro dia somente a rainha transitou pelo tubo. O fluxo para a fonte hídrica C foi em média de 62 indivíduos indo e de 58 indivíduos voltando para A e os dados não apresentaram diferença significativa ($P = 0,0698$). Houve diferença significativa no número de indivíduos nos fluxos de ida ($P = 0,0023$) e de volta ($P = 0,0104$) entre os recipientes B e C, sendo o número de forrageiros mais intenso para o fluxo do recipiente B (Figura 4 e Tabela 4).

Tabela 4 – Média de indivíduos nos fluxos de ida e volta às fontes hídricas B e C e os valores de P indicando se há ou não diferença significativa entre os fluxos da mesma fonte hídrica (*) e nos fluxos entre as diferentes fontes de água (**).

Colônias	Fonte hídrica B			Fonte hídrica C			Ida B-C	Volta B-C
	Fluxo Ida	Fluxo Volta	Valor P	Fluxo Ida	Fluxo Volta	Valor P	Valor P	Valor P
	Média			Média				
2	85	74	0,0321*	92	86	0,5541	0,9165	0,5015
3	23	23	0,2367	165	174	0,3620	0,0001**	0,0180**
4	84	75	0,0180*	131	102	0,0016*	0,0180**	0,0064**
5	20	20	1,0000	38	36	0,0382*	0,0952	0,0180**
6	44	42	0,5462	95	95	0,7843	0,0138**	0,0160**
7	74	71	0,3525	120	109	0,0929	0,1730	0,1763
8	119	103	0,0164*	66	64	0,5279	0,0038**	0,0065**
9	71	67	0,1091	37	30	0,1572	0,0011**	0,0005**
10	145	130	0,0413*	62	58	0,0698	0,0023**	0,0104**

* estatisticamente diferente entre ida e volta para a mesma fonte hídrica (B ou C)

** estatisticamente diferente entre ida (ou volta) entre B e C.

4.2. Necessidades hídricas de grupos forrageiros

As Figuras 5, 6 e 7 mostram os dados obtidos no primeiro bioensaio realizado e comparam o peso dos operários forrageiros de *C. gestroi* antes do estresse hídrico e após o mesmo, e em diferentes períodos após a introdução de uma fonte hídrica via papel filtro. O peso inicial (anterior de ao período de estresse hídrico) do grupo de operários do controle não diferiu dos tratamentos ($P > 0,05$). Os pesos obtidos com as diferentes pesagens dos grupos de forrageiros dos controles do primeiro (3 horas) e do terceiro (30 horas) experimentos não diferiram significativamente entre os períodos analisados ($P > 0,05$). Os resultados obtidos nos controles do experimento de 15 horas indicaram que os grupos de cupins forrageiros ganharam peso após o período de 15 horas (figura 6) e a análise destes resultados mostrou que houve uma diferença significativa entre o peso inicial com aqueles encontrados após o período de 15 ($P = 0,0037$) e de 1 hora ($P = 0,0339$). Após o período de 1 hora os grupos voltaram a apresentar um peso mais próximo do inicial e então não houve diferença significativa do peso inicial com aqueles obtidos após 2 e 3 horas ($P > 0,05$).

No primeiro experimento, após 3 horas de estresse hídrico, os dados mostram que houve diferença significativa no peso dos operários nos períodos experimentais do tratamento (Figura 5), sendo que o peso inicial foi maior que o peso após 3 horas sem fonte hídrica ($P < 0,0001$). O peso inicial dos operários foi significativamente diferente também daqueles

resultantes após os períodos de 1 e 2 horas na presença de água (respectivamente, $P = 0,0029$ e $P = 0,0217$). Contudo, não diferiu após o período de 3 horas ($P = 0,1573$). Já o peso dos operários obtido após 1 hora da adição da fonte hídrica foi diferente dos pesos encontrados após 2 e 3 horas (respectivamente, $P < 0,0001$ e $P = 0,0070$), sendo maior nos últimos dois períodos. Também ocorreu diferença significativa no peso dos operários entre o período de 3 horas sem fonte hídrica com os três períodos após a adição da fonte hídrica ($P < 0,0001$). Após o período de 3 horas sem fonte de água o peso dos cupins foi significativamente maior nos indivíduos do controle ($P = 0,0016$) que o peso dos indivíduos do tratamento. Já os pesos dos operários dos três períodos experimentais, após a adição da fonte hídrica, não diferiram daquelas dos controles ($P > 0,05$).

No segundo experimento, após 15 horas de estresse hídrico, os dados mostram que houve diferença significativa no peso dos indivíduos nos períodos experimentais do tratamento (Figura 6), sendo que o peso inicial foi maior que o peso após 15 horas na ausência de água ($P < 0,0001$). Na presença da fonte hídrica, o peso inicial dos operários foi significativamente diferente após os períodos de 1, 2 e 3 horas (respectivamente, $P = 0,0009$; $P = 0,0023$ e $P < 0,0001$), sendo maior nos três períodos após a adição da água. O peso dos operários após 1 hora da adição da fonte hídrica diferiu do peso encontrado após 3 horas ($P = 0,0007$), sendo maior após o período de 3 horas. Também ocorreu diferença significativa do peso dos cupins entre o período de 15 horas de estresse hídrico com os três períodos após a adição da água ($P < 0,0001$). Após o período de 15 horas o peso dos indivíduos foi significativamente maior no controle do que o peso dos indivíduos do tratamento ($P = 0,0010$). O peso dos indivíduos resultante dos três períodos experimentais com a adição da água, após 1, 2 e 3 horas, no tratamento diferiram daqueles dos controles com valores de P iguais à 0,0034, 0,0101 e 0,0004, respectivamente.

No terceiro experimento, após 30 horas de estresse hídrico, os dados mostram que houve diferença no peso inicial dos operários daquele encontrado após o período de 30 horas sem água ($P < 0,0001$). Na presença de água, o peso inicial dos operários foi significativamente diferente após os períodos de 1 e 2 horas (respectivamente, $P < 0,0001$ e $P = 0,0087$). Contudo, não diferiu após o período de 3 horas ($P = 0,1604$). O peso dos operários após 1 hora da adição da fonte hídrica diferiu dos pesos encontrados após 2 e 3 horas ($P < 0,0001$), sendo maior nos último dois períodos (Figura 7). Também ocorreu diferença significativa do peso dos cupins entre o período de 30 horas de estresse hídrico com os três períodos após a adição da água ($P < 0,0001$). Após o período de 30 horas o peso dos

indivíduos foi significativamente maior no controle do que o peso dos indivíduos do tratamento ($P < 0,0001$). Os pesos dos indivíduos dos períodos experimentais de 2 e 3 horas, após a adição da água, não diferiram daqueles dos controles ($P > 0,05$). Porém, o peso dos operários do período de 1 hora foi diferente entre o controle e o tratamento ($P = 0,0023$), sendo maior no controle.

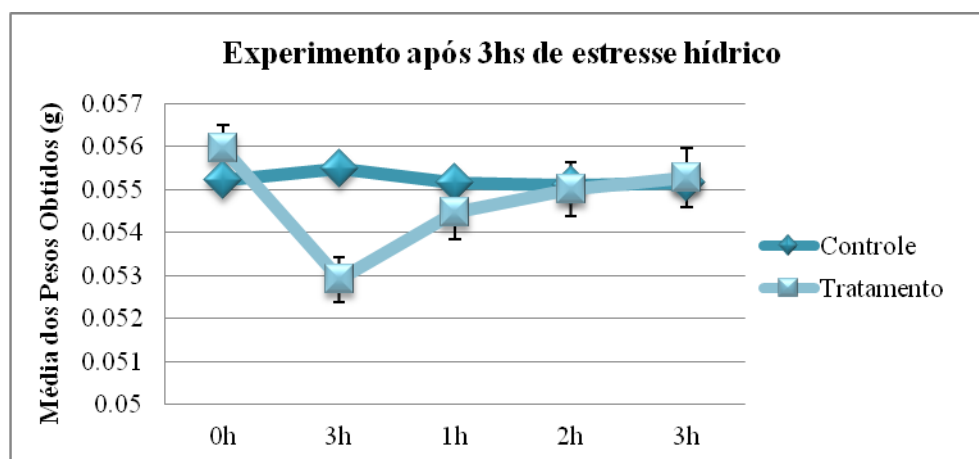


Figura 5 – Médias do peso corpóreo dos operários de *Coptotermes gestroi* nos diferentes períodos experimentais.

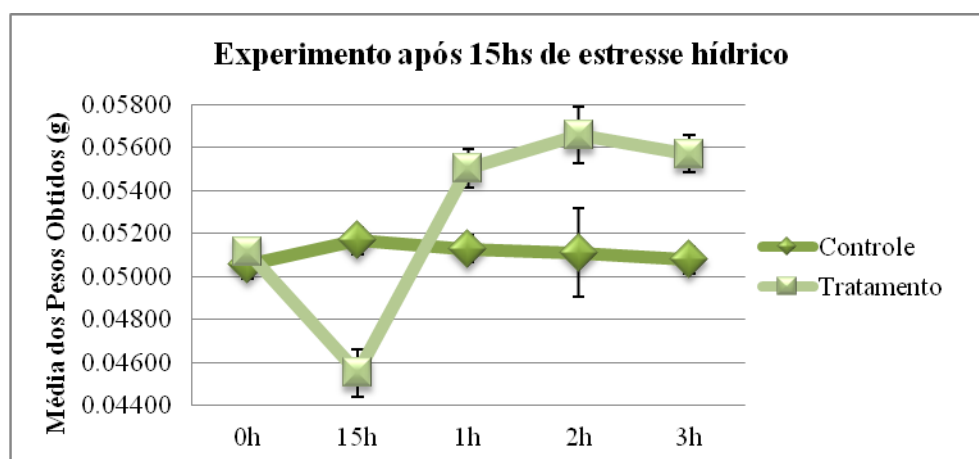


Figura 6 – Médias do peso corpóreo dos operários de *Coptotermes gestroi* nos diferentes períodos experimentais.

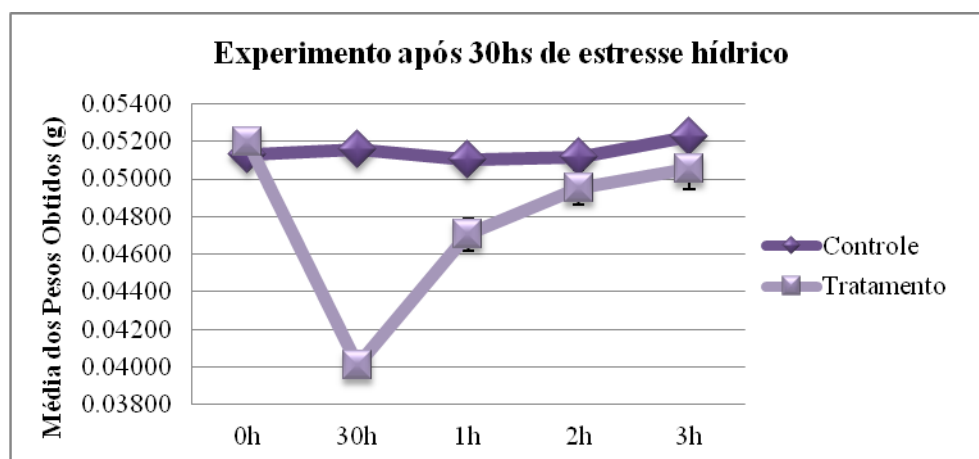


Figura 7 – Médias do peso corpóreo dos operários de *Coptotermes gestroi* nos diferentes períodos experimentais.

As Figuras 8, 9 e 10 mostram os dados obtidos no segundo bioensaio realizado e comparam o peso dos operários forrageiros de *C. gestroi* antes do estresse hídrico e após o mesmo, e em diferentes períodos após a introdução de uma fonte hídrica via areia. O peso inicial (anterior ao período de estresse hídrico) do grupo de operários do controle não diferiu dos tratamentos ($P > 0,05$). No controle do primeiro experimento (3 horas) a análise dos dados mostrou que houve diferença significativa no peso inicial dos operários com aqueles encontrados após os períodos de 2 e 3 horas (respectivamente, $P = 0,0355$ e $P = 0,0011$), sendo que o peso inicial foi maior que aquele dos últimos dois períodos. No controle do segundo experimento (15 horas) a análise dos dados mostrou que houve diferença do peso inicial dos indivíduos com aqueles encontrados após os períodos de 15 horas ($P < 0,0001$) e após os períodos de 1 e 2 horas (respectivamente, $P < 0,0001$ e $P = 0,0007$). Já no controle do terceiro experimento (30 horas) o peso inicial dos operários foi significativamente maior que os pesos encontrados após os períodos de 30, 1 e 2 horas ($P < 0,0001$) e após o período de 3 horas ($P = 0,0051$).

No primeiro experimento, após 3 horas de estresse hídrico, os dados mostram que houve diferença significativa no peso dos operários nos períodos experimentais do tratamento (Figura 8), sendo que o peso inicial foi maior que o peso após 3 horas sem fonte hídrica ($P = 0,0051$). Na presença da fonte hídrica, o peso inicial dos operários foi significativamente diferente após os períodos de 1, 2 e 3 horas (respectivamente, $P = 0,0007$; $P = 0,0069$ e $P < 0,0001$). O peso dos operários após 1 hora da adição da fonte hídrica não diferiu dos pesos encontradas após 2 e 3 horas (respectivamente, $P = 0,3270$ e $P = 0,9337$). Não ocorreu diferença significativa do peso dos cupins entre o período de 3 horas de estresse hídrico com

os períodos de 1, 2 e 3 horas de adição de água (respectivamente, $P = 0,2845$; $P = 0,6784$ e $P = 0,1141$). O peso dos operários forrageiros foi significativamente maior no controle do que no tratamento após o período de três horas de estresse hídrico ($P = 0,0492$). Os pesos dos indivíduos encontrados nos três períodos experimentais do tratamento, após a adição da água, não diferiram daqueles dos controles ($P > 0,05$).

No segundo experimento, após 15 horas de estresse hídrico, os dados mostram que houve diferença significativa no peso dos indivíduos nos períodos experimentais do tratamento (Figura 9), sendo que o peso inicial foi maior que o peso após 15 horas sem a fonte hídrica ($P < 0,0001$). Na presença da fonte hídrica, o peso inicial dos operários foi significativamente diferente após os períodos de 1 e 3 horas ($P = 0,0474$ e $P = 0,0005$). Contudo, não diferiu após o período de 2 horas ($P = 0,0900$). O peso dos operários após 1 hora da adição da fonte hídrica foi significativamente diferente daqueles encontrados após 2 e 3 horas ($P < 0,0001$), sendo que o peso foi maior no período após 3 horas da adição da fonte hídrica. Também ocorreu diferença do peso dos operários entre o período de 15 horas sem fonte hídrica com os três períodos após a adição da água ($P < 0,0001$). Após as 15 horas de estresse hídrico, o peso dos grupos forrageiros do tratamento foi significativamente menor que aquele encontrado no controle ($P < 0,0001$). Já os pesos dos indivíduos dos períodos experimentais de 1 e 3 horas do tratamento diferiram daqueles dos controles com valores de P iguais à 0,0247 e 0,0107, respectivamente (Figura 9).

No terceiro experimento, após 30 horas de estresse hídrico, os dados mostram que houve diferença entre o peso inicial com aquele encontrado após o período de 30 horas sem água ($P < 0,0001$). Na presença de água, o peso inicial dos operários foi significativamente diferente após os períodos de 1 e 2 horas ($P < 0,0001$) e após 3 horas ($P = 0,0044$). O peso dos operários após 1 hora da adição da fonte hídrica diferiu dos pesos encontrados após 2 e 3 horas ($P < 0,0001$ e $P = 0,0039$), sendo maior nos último dois períodos (Figura 10). Os pesos dos operários dos períodos de 2 e 3 horas com a fonte de água não apresentaram diferença entre eles ($P = 0,0558$). Ocorreu diferença entre o período de 30 horas de estresse hídrico com os três períodos após a adição da água ($P < 0,0001$). O peso dos operários encontrado após as 30 horas de estresse hídrico foi significativamente menor que aquele encontrado no controle ($P < 0,0001$). O peso dos indivíduos encontrado após 3 horas da adição da água não diferiu daquela encontrado no controle ($P > 0,05$), mas os pesos dos indivíduos dos períodos de 1 e 2 horas após a adição da água foram significativamente menores que os controles (respectivamente, $P < 0,0001$ e $P = 0,0065$).

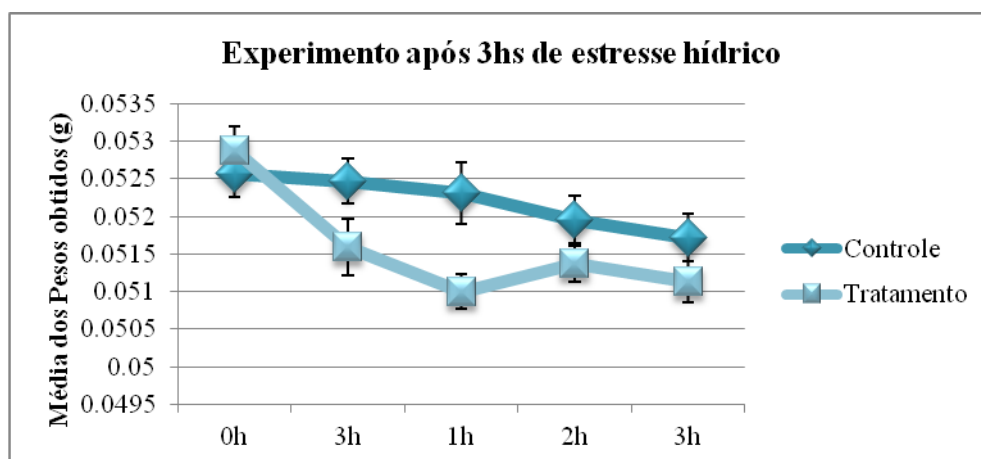


Figura 8 – Médias do peso corpóreo dos operários de *Coptotermes gestroi* nos diferentes períodos experimentais.

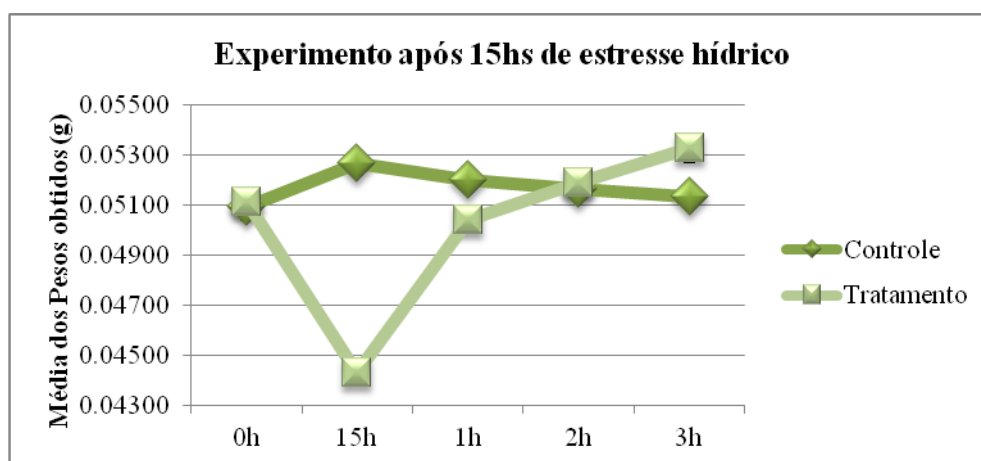


Figura 9 – Médias do peso corpóreo dos operários de *Coptotermes gestroi* nos diferentes períodos experimentais.

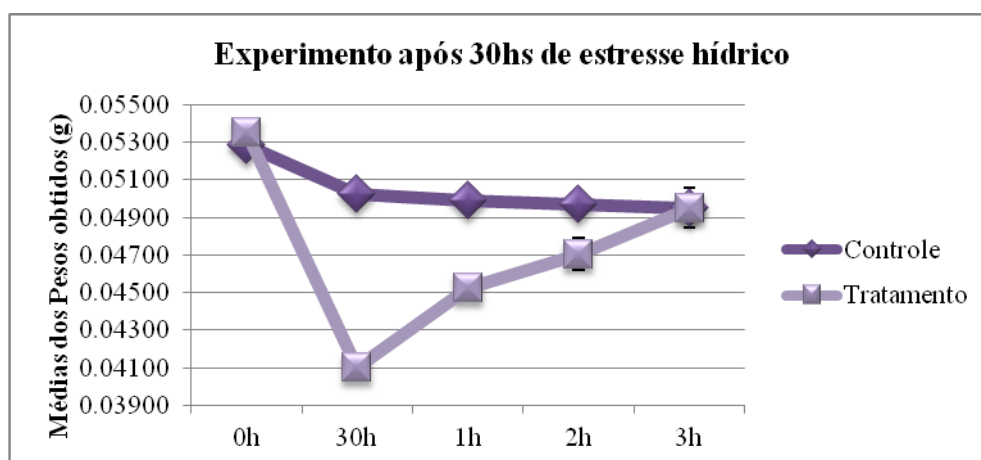


Figura 10 – Médias do peso corpóreo dos operários de *Coptotermes gestroi* nos diferentes períodos experimentais.

5. DISCUSSÃO

A distribuição e abundância dos cupins são determinadas pela temperatura, vegetação e condições do solo, sendo que a grande maioria dos Isoptera está concentrada nas regiões tropicais do globo terrestre (ARAUJO, 1970). Contudo, mesmo em habitats áridos os cupins requerem altas umidades e temperatura apropriada (NOIROT, 1970). Nos ninhos, os cupins mantêm um microclima apropriado em que as colônias inteiras ficam isoladas do ambiente externo (GRUBE, RUDOLPH, 1999). Estas condições de microclima apropriado protegem os insetos contra a dessecação (RUDOLPH et al., 1990). De acordo com Grube e Rudolph (1999) a manutenção de uma atmosfera com microclima saturado requer grandes quantidades de água, sendo que em ambientes úmidos existe água suficiente, mas em ambientes mais secos a única água disponível é a do lençol freático do solo. Em vista disto, os cupins de ambientes áridos são forçados a transportar água e este transporte pode ser realizado pelo papo (GOLDENBERG, 1971) ou via reservatório da glândula salivar (WATSON et al., 1971; GRUBE et al., 1997). Os operários de cupins utilizam a água, componente do conteúdo do reservatório salivar, para realizar as atividades de construção (GRUBE, RUDOLPH, 1999).

Os cupins subterrâneos necessitam de umidade para sua sobrevivência, sendo que no ambiente natural estão protegidos por túneis ou abrigados em ninhos. Neste presente estudo foram analisadas quais eram as necessidades hídricas de colônias inteiras. Os resultados mostraram que todas as colônias, com exceção da 1, exploraram a fonte hídrica antes da fonte de alimento (Tabela 4). Além disso, as duas fontes hídricas, B e C, foram exploradas por 90% das colônias, sendo que não houve diferença significativa no tempo em estas duas fontes foram encontradas por estas colônias. Em contrapartida as fontes alternativas de alimento D e E foram encontradas em 50 e 60% das colônias, sendo que os resultados indicam que a exploração das fontes hídricas foi mais imediata e importante que as fontes alimentares. Somente a colônia 1 não encontrou nenhuma das fontes de água e explorou somente a fonte alimentar alternativa do recipiente E. Ela foi a única colônia que explorou somente o alimento e este fato pode ser explicado pela composição de sua população. A colônia 1 tinha uma quantidade bastante pequena de operários e um grande número de larvas e ovos (Tabelas 1 e 2), o que pode ter comprometido as atividades de forrageamento, pois muitos dos operários deviam estar envolvidos com a atividade de “cuidados com a prole”.

O número de indivíduos nos fluxos de forrageiros para as fontes hídricas foram de intensidades variadas. O fluxo de ida e de volta dos indivíduos nas colônias de 2 a 7 foi mais intenso para a fonte hídrica C. Já nas colônias de 8 a 10 o fluxo foi mais intenso para a fonte hídrica B (Figura 4). A intensidade de indivíduos nos fluxos das fontes hídricas foi influenciada pela ordem em que as colônias demoraram a chegar nestas fontes. As colônias que exploraram a fonte C primeiro que a B apresentaram intensidades maiores em seus fluxos para a primeira fonte e as colônias que exploraram a fonte B primeiro, apresentaram intensidade maior para a mesma. As duas fontes hídricas foram exploradas, mas algumas colônias utilizaram mais uma fonte que outra (Figura 4), o que evidencia ainda mais a importância da água para uso nas atividades de construção dos cupins subterrâneos, já que eles constroem túneis nos tubos conectores e cobrem os alimentos (GRUBE; RUDOLPH, 1999). Na maioria das colônias analisadas, os reprodutores foram observados transitando entre as câmaras, às vezes mais de uma vez em dez minutos de observação, mostrando que os reprodutores de colônias de 7 anos também possuem grande mobilidade, assim como aqueles das colônias com idade menor analisadas nos capítulos anteriores.

Em cupins, a perda de água via tegumento pode ser evitada se estes insetos estiverem em uma atmosfera saturada dentro de galerias dos ninhos ou de forrageamento (NOIROT, 1970). Muitos pesquisadores mostraram que altas umidades (em torno de 100%) parecem ser ótimas para Isoptera (KRECEK, 1969, WONG; LEE, 2010). Em uma atmosfera seca, os cupins podem sobreviver por um período máximo de 5 horas (SPONSLER; APPEL, 1990), contudo grupos de insetos sociais sobrevivem mais do que insetos isolados devido ao “efeito de grupo” (GRUBE; RUPOLPH, 1999). Nesta presente pesquisa foram realizados experimentos de estresse hídrico com grupos de forrageiros de *C. gestroi* e os resultados mostraram que os operários perderam massa após os períodos de 3, 15 e 30 horas sem água, tanto no primeiro quanto no segundo bioensaio. Após os períodos de estresse hídrico foram oferecidas para estes mesmos grupos de cupins forrageiros, fontes de água, que proporcionaram a hidratação e a recuperação da massa inicial destes insetos. Em estudos com operários de *Reticulitermes flavipes*, Collins (1969) concluiu que os cupins desta espécie sobreviveram uma média de 292 minutos em um ambiente sem umidade e morreram após perderem aproximadamente 59% de seu peso. Agrupamentos de operários, soldados e reprodutores de *Reticulitermes tibialis* foram deixados sem umidade e os resultados mostraram que o tempo médio de sobrevivência destes cupins sem água foi de 234 minutos (STRICKLAND, 1950). A tolerância à dessecação nas espécies de cupim da família

Rhinotermitidae é variada devido ao tamanho do corpo e aos diferentes mecanismos de adquirir água (STRICKLAND, 1950; COLLINS; RICHARDS, 1963). Os grupos de forrageiros de *C. gestroi* ficaram sem umidade por aproximadamente 1800 minutos, neste estudo, e mesmo tendo uma redução do peso corpóreo continuaram vivos. Esses resultados mostram que a espécie estudada é suscetível a dessecação, mas esta não foi suficiente para causar a morte destes insetos, o que pode ser explicado pelo número de indivíduos dos agrupamentos (“efeito de grupo”) ou o armazenamento de água no papo por estes operários.

6. CONCLUSÕES

- Colônias inteiras de *C. gestroi* forragearam e exploraram as duas fontes hídricas extras, mostrando que esta espécie necessita de muita umidade para a sua sobrevivência. Contudo, colônias menores sobrecarregadas no trabalho interno podem comprometer outras atividades.
- Quando as colônias de *C. gestroi* dispõem de duas fontes hídricas iguais e equidistantes, os cupins exploram as duas fontes. No presente trabalho, as colônias, após explorarem a primeira fonte de água, continuaram forrageando e exploraram a segunda fonte hídrica, ou seja, mesmo já utilizando uma fonte de água as colônias exploraram outra fonte.
- A intensidade do fluxo de forrageiros entre a “câmara de soltura” (A) e as fontes hídricas (recipientes B e C) foi influenciada pela ordem em que as fontes foram encontradas. Portanto, no presente estudo o fluxo de forrageiros foi mais intenso na fonte hídrica B, quando esta foi explorada primeiro que a C e vice-versa.
- Após estresse hídrico, grupos de operários forrageiros de *C. gestroi* perdem peso sendo que esta redução de peso é maior nos indivíduos que ficaram desprovidos de água por um período de 30 horas. Após a adição de uma fonte hídrica, os operários conseguem atingir o peso inicial.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, T.; BIGNELL, D.E.; HIGASHI, M. (Eds.). **Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology**. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands, pp. 333–361, 2000.

ARAB, A.; COSTA-LEONARDO, A.M. Effect of biotic and abiotic factors on the tunneling behavior of *Coptotermes gestroi* and *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Behavioural Processes**, v. 70, p. 32-40, 2005.

ARAÚJO, R.L. Termites of the Neotropical Region. In: KRISHNA, K.; WEESNER, F.M. (Eds.). **Biology of termites**, v. 2, Academic Press, NY and London, pp. 527-576, 1970.

CHAPMAN, R.F. **The Insects: Structure and Function**. Cambridge University Press, Cambridge, England, 1998.

COLLINS, M.S. Water relations in termites. In: KRISHNA, K.; WEESNER, F.M. (Eds.). **Biology of termites**, v.1, Academic Press, NY and London, pp. 433-458, 1969.

COLLINS, M.S.; RICHARDS, G.A. Studies on water relations in North American termites. I. Eastern species of the genus *Reticulitermes* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Ecology**, v. 44, p. 600-604, 1963.

COSTA-LEONARDO, A. M. **Cupins-Praga: Morfologia, Biologia e Controle**. A.M. Costa-Leonardo (Ed.), Rio Claro, 128 p., 2002.

DELAPLANE, K.S. Foraging and feeding behaviors of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, v. 19, n. 1, p. 101-114, 1991.

DELAPLANE, K.S.; LA FAGE, J.P. Preference for moist wood by the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 82, p. 95-100, 1989.

GALLAGHER, N.T. **Structure and function of salivary reservoirs of the eastern subterranean termite, *Reticulitermes flavipes* (Kollar)**. 129f. Dissertação. School of The Ohio State University, 2010.

GOLDENBERG, J. Comportement des insectes – Mise en évidence du transport d'eau par le termite de Saintonge. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, v. 272, p. 2820-2822, 1971.

GRUBE, S., RUDOLPH, D. The labial gland reservoirs (water sacs) in *Reticulitermes santonensis* (Isoptera: Rhinotermitidae): studies of the functional aspects during microclimatic moisture regulation and individual water balance. **Sociobiology**, v. 33, p. 307–323, 1999.

- GRUBE, S.; RUDOLPH, D.; ZERBST-BOROFFKA, I. Morphology, fine structure, and functional aspects of the labial glands of the subterranean termite *Reticulitermes santonensis* De Feytaud (Isoptera: Rhinotermitidae). **International Journal of Insect Morphology & Embryology**, v. 26, p. 49-53, 1997.
- HAAGSMA, K.A., NGUYEN, J., RUST, M.K. A new model describing the weight to surface area relationship of termites (Isoptera). **Sociobiology**, v. 28, p. 28–44, 1996.
- HADLEY, N.F. **Water Relations of Terrestrial Arthropods**. Academic Press, San Diego, CA, 1994.
- HEWITT, P. H.; NEL, J.J.C.; SCHOEMAN, I. Influence of group size on water imbibition by *Hodotermes mossambicus* alate termites. **Journal Insect Physiology**, v. 17, p. 587-600, 1971.
- HU, J.; NEOH, K.B.; APPEL, A.G.; LEE, C.Y. Subterranean termite open-air foraging and tolerance to desiccation: Comparative water relation of two sympatric *Macrotermes* spp. (Blattodea: Termitidae). **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A** 161 (2012) 201–207.
- KRECEK, J. Effect of relative humidity of air and of starvation on survival in five termite species from Cuba. **Acta Entomology Bohemoslovaca**, v. 366, p. 129-136, 1969.
- LIMA, J.T. **Pontos polêmicos acerca do forrageamento de cupins subterrâneos (Isoptera: Rhinotermitidae): consumo de alimentos similares, reutilização de iscas e tunelamento em solos não uniformes**. 131f. Tese. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.
- LYS, J.A.; LEUTHOLD, R.H. Forces affecting water imbibition in *Macrotermes* workers (Termitidae: Isoptera). **Insectes Sociaux**, 41: 79-84, 1994.
- NOIROT, C. The nests of termites. In: KRISHNA, K.; WEESNER, F.M. (Eds.). **Biology of termites**, vol.2, Academic Press, NY and London, pp. 73-125, 1970
- PUCHE, H.; SU, N.Y. Tunneling formation by *Reticulitermes flavipes* and *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae) in response to wood in sand. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 94, n. 6, p. 1398-1404, 2001.
- RUDOLPH, D.; GLOCKE, B.; RATHENOW, S. On the role of different humidity parameters for the survival, distribution and ecology of various termite species. **Sociobiology**, 17(1): 129-140, 1990.
- RUPPERT, E.E.; FOX, R.S.; BARNES, R.D. **Zoologia dos Invertebrados**. 7ª Ed. Tradução de P.M. Oliveira, São Paulo, SP, Ed. Roca, 2005, 1028 p.
- SHELTON, T.G., GRACE, J.K. Cuticular permeability of two species of *Coptotermes* Wasmann (Isoptera: Rhinotermitidae). **Comparative Biochemistry and Physiology**. A 134, 207–213, 2003.

SIEBER, R., KOKWARO, E.D. Water intake by the termite *Macrotermes michaelseni*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 31, p. 147–153, 1982.

SIEBER, R.; LEUTHOLD, R.H. Behavioural elements and their meaning in incipient laboratory colonies of the fungus-growing termite *Macrotermes michaelseni* (Isoptera: Macrotermitinae). **Insectes Sociaux**, v. 28, n. 4, p. 371-382, 1981.

SPONSLER, R.C.; APPEL, A.G. Aspects of the water relations of the Formosan and eastern subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Environmental Entomology**, v. 19, p. 15-20, 1990.

STRICKLAND, M. Differences in toleration of drying between species of termites (*Reticulitermes*). **Ecology**, 51: 373-385, 1950.

WATSON, J.A.L.; HEWITT, P.H.; NEL, J.J.C. The water-sacs of *Hodotermes mossambicus*. **Jornal Insect Physiology**, 17: 1705-1709, 1971.

WONG, N.; LEE, C.-Y. Influence of Different Substrate Moistures on Wood Consumption and Movement Patterns of *Microcerotermes crassus* and *Coptotermes gestroi* (Blattodea: Termitidae, Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 2, p. 437 – 442, 2010.