
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LUIZA HELENA BUENO-DA-SILVA

**DEFESA E TERRITÓRIO DE
FORRAGEAMENTO DAS COLÔNIAS DO
CUPIM NEOTROPICAL *Ruptitermes
reconditus* (ISOPTERA, TERMITIDAE,
APICOTERMITINAE)**

LUIZA HELENA BUENO DA SILVA

DEFESA E TERRITÓRIO DE FORRAGEAMENTO DAS COLÔNIAS DO
CUPIM NEOTROPICAL *Ruptitermes reconditus* (ISOPTERA,
TERMITIDAE, APICOTERMITINAE)

Orientador: Prof^a Dr^a Ana Maria Costa Leonardo

Co-orientador: Dr^a Silvana Beani Poiani

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau de
Bacharela e Licenciada em Ciências Biológicas.

Rio Claro
2015

595.736 Bueno da Silva, Luiza Helena
B928d Defesa e território de forrageamento das colônias do cupim
Neotropical Ruptitermes reconditus (Isoptera, Termitidae,
Apicotermitinae) / Luiza Helena Bueno da Silva. - Rio Claro, 2015
39 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura e bacharelado - Ciências
Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de
Rio Claro

Orientador: Ana Maria Costa Leonardo

Coorientador: Silvana Beani Poiani

1. Térmita. 2. Armadilhas de coleta. 3. Comportamento altruísta. 4.
Camicase. 5. Mapeamento área de forrageio. 6. Morfometria. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

À Isabel, dedico.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais por todo carinho, apoio e esforços que sempre destinaram a mim. À minha mãe, Isabel, que é minha grande inspiração e sempre esteve ao meu lado. Ao meu pai, João, pelo suporte e ânimo. Vocês não são apenas a minha origem, mas também minha base e força.

Ao Lucas, pelo auxílio imprescindível nas coletas, sua serenidade, apreço e companheirismo. É maravilhoso contar com você.

À professora Ana Maria Costa Leonardo por compartilhar e ensinar, não apenas a Biologia dos cupins, mas também o amor pela Ciência. Obrigada pela incansável dedicação.

À Silvana Beani Poiani por ser uma co-orientadora tão dedicada. E por todo incentivo, paciência e atenção.

Ao Laboratório de Cupins por cada dia que estive com vocês. Sempre me senti muito feliz por poder conviver com pessoas tão incríveis. Ao Ives e à Juliana por serem sempre solícitos, pela paciência e atenção que tiveram toda vez que precisei de ajuda. À Célia que sempre me auxiliou nos aspectos técnicos e me aconselhava com muito carinho em minhas preocupações. À Lara e à Vanelize pela companhia, por todos os momentos agradáveis e de bom humor, por saber que posso contar com vocês.

Ao CBI 2010 por todos os momentos lindos e de grande aprendizado que ficarão em minha memória. Vocês foram as mais adoráveis companhias que eu poderia ter nessa jornada.

Ao Danilo, meu querido amigo, por sua amizade e sinceridade. Obrigada por todas nossas conversas e ótimos momentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro.

Resumo

Os cupins camicases são assim chamados pois realizam comportamento de defesa caracterizado pela ruptura da parede lateral abdominal e consequente liberação de secreção pegajosa que imobiliza e mata o inseto inimigo. *Ruptitermes reconditus* é uma das espécies que apresentam este comportamento explosivo dos operários cujos órgãos deiscetes são responsáveis pela liberação de secreção pegajosa. Entretanto, pouco se sabe a respeito da eficiência deste comportamento desempenhado pelos operários e se todos os indivíduos possuem a capacidade ou estão aptos a executar esta tarefa. Além disso, por ser uma espécie subterrânea, não há informações na literatura sobre a extensão de seus ninhos. Desse modo, o presente trabalho teve por objetivos: otimizar a coleta por meio de diferentes iscas celulósicas; verificar a efetividade do comportamento de defesa de operários de *R. reconditus* por meio de bioensaios; correlacionar o indivíduo envolvido no ato de explosão com a idade relativa por meio de morfometria do formato da mandíbula e dimensionar a área de forrageio para se ter uma noção da extensão de seus ninhos. Os bioensaios foram realizados utilizando-se operários de *R. reconditus* tendo como adversários os cupins das espécies *Coptotermes gestroi* e *Heterotermes tenuis* e formigas do gênero *Camponotus*. Posteriormente, realizou-se a morfometria das mandíbulas de todos os operários de *R. reconditus* utilizados nos bioensaios para correlação entre o comportamento de defesa e a idade relativa do indivíduo (medida pelo desgaste mandibular). No período entre Setembro de 2013 a Março de 2014 armadilhas com diferentes iscas celulósicas foram instaladas para coleta dos indivíduos. Os mapeamentos de colônias de *R. reconditus* foram realizados medindo-se a distância entre os orifícios de saída dos forrageiros e colocando estes indivíduos em confronto por meio de bioensaios de agressividade. Os resultados indicam que: a) as armadilhas celulósicas com diferentes iscas não foram atrativas para cupins do gênero *Ruptitermes*; b) o comportamento altruístico de defesa contra cupins de outra espécie é eficiente visto que o operário de *R. reconditus* sempre consegue imobilizar e matar o inimigo e pouco eficiente contra formigas do gênero *Camponotus*, uma vez que estas não são imobilizadas pela substância proveniente dos órgãos deiscetes e não sofrem injúrias via mandíbulas; e c) as análises morfométricas não apresentam diferença quanto aos índices da mandíbula, indicando que os operários envolvidos estão na idade relativa e executam o mesmo comportamento de defesa. A não observação de diferença etária entre os indivíduos explodidos e não explodidos em combate pode ser explicada porque os operários foram coletados em forrageamento, ou seja, possivelmente

estavam na mesma fase de vida; d) O território de forrageamento de *R. reconditus* é pequeno, com diversos orifícios de saída que não são reutilizados em dias sequenciais.

Palavras-chave: Armadilhas de coleta; bioensaio; comportamento altruísta; cupim camicase; mapeamento de área de forrageio; morfometria.

SUMÁRIO

1. Introdução	7
1.1 Defesa	7
1.2 Defesa por soldados	9
1.3 Defesa por operários	10
2. Objetivos.....	12
3. Materiais e Métodos	12
3.1. Coletas com armadilhas celulósicas	13
3.2. Comportamento de defesa dos operários de <i>Ruptitermes reconditus</i>	14
3.3. Morfometria da mandíbula	15
3.4. Mapeamento dos olheiros das colônias	16
4. Resultados e Discussão.....	19
4.1. Coletas com armadilhas celulósicas	19
4.2. Comportamento de defesa dos operários de <i>Ruptitermes reconditus</i>	21
4.3. Morfometria da mandíbula	23
4.4. Mapeamento dos olheiros das colônias	26
5. Conclusões.....	33
6. Referências	35

1. Introdução

Os cupins ou térmitas são insetos eussociais, possuem como característica uma alimentação celulósica e estão agrupados na infraordem Isoptera (ENGEL, 2011, KRISHNA et al., 2013). Segundo Wilson (1971), insetos eussociais, incluindo os térmitas, apresentam as seguintes características: sobreposição de gerações dentro de uma mesma colônia, onde os descendentes ajudam nas tarefas coloniais; membros que auxiliam no cuidado com os jovens; e divisão de tarefa reprodutiva, com indivíduos estéreis trabalhando em benefício dos reprodutores férteis.

Atualmente, os Isoptera estão dispostos em nove famílias: Kalotermitidae, Archotermopsidae, Hodotermitidae, Mastotermitidae, Serritermitidae, Rhinotermitidae, Stolotermitidae, Stylotermitidae e Termitidae, sendo que esta última compreende 80 % das espécies, as quais são dominantes nas regiões tropicais constituindo cerca de $\frac{3}{4}$ de todas as espécies conhecidas (ENGELS et al., 2009). Sob o ponto de vista ecológico, esta família é considerada a mais diversificada (COSTA-LEONARDO, 2002). A família Termitidae é composta pelas seguintes subfamílias: Apicotermitinae, Cubitermitinae, Foraminitermitinae, Macrotermitinae, Nasutermitinae, Sphaerotermitinae, Syntermitinae e Termitinae. (CONSTANTINO, 2013). Na subfamília Apicotermitinae, destaca-se o gênero *Ruptitermes*.

Os cupins apresentam um sistema colonial singular e possuem indivíduos morfologicamente distintos agrupados em castas (KRISHNA; WEESNER, 1969). De modo geral, nas colônias de cupins podem ser encontrados indivíduos reprodutores, representados pelo casal real, e os ápteros que são os soldados e os operários. Os reprodutores são responsáveis pela produção de ovos e manutenção da população. Os operários são responsáveis pela construção do ninho, alimentação das outras castas, execução das atividades de forrageamento, entre outras, enquanto os soldados atuam exclusivamente na defesa.

1.1 Defesa

O comportamento de defesa é um dos mais importantes para a sobrevivência da colônia, pois deve assegurar a proteção para o desenvolvimento da prole, integridade física dos reprodutores para manutenção da população e durante o forrageio, combatendo os inimigos e predadores naturais. A defesa não é constituída por apenas um tipo de comportamento ou mudança fisiológica, mas pode ser descrita como um conceito funcional e ecológico. Os cupins apresentam uma grande variedade taxonômica, com grande

desenvolvimento de polietismo e seus mecanismos de defesa podem variar de acordo com a espécie, casta ou subcasta e até mesmo, com a situação na qual estão envolvidos (DELIGNE et al., 1981).

Os cupins são considerados uma grande biomassa nos ecossistemas (EGGLETON et al., 1996) e fazem parte da alimentação de predadores especialistas e não-especialistas, como por exemplo, formigas, anfíbios, répteis, aves e mamíferos (DELIGNE, 1981; SCHOLTZ, 2007). A pressão predatória e competições intra e interespecíficas por ninho e áreas de forrageamento promovem adaptações defensivas em térmitas (BINDER, 1988; HÖLLDOBLER; WILSON, 1994; THORNE, 1982; THORNE e HAVERTY, 1991; KORB e LINSENMAIR, 2001; THORNE et al., 2003).

A habilidade de defesa é um dos mais proeminentes traços de animais eussociais. A defesa, em seu aspecto amplo, apresenta elementos passivos e ativos. Os primeiros são caracterizados por túneis, galerias e a própria estrutura do ninho que separa os térmitas de seus predadores. Os elementos ativos da defesa, por sua vez, são as adaptações comportamentais e estruturais de soldados e operários (ŠOBOTNÍK et al., 2010).

O interior do ninho dos térmitas fornece um ambiente com eficiente proteção mecânica. Alguns destes ninhos apresentam câmaras que são conectadas entre si através de pequenas passagens e aberturas, o que permite que apenas alguns poucos indivíduos passem cada vez. Esta conformação permite a defesa de câmara por câmara. Em caso de destruição parcial do ninho, as câmaras podem ser isoladas rapidamente (DELIGNE et al., 1981). Algumas espécies, como *Cephalotermes rectangularis*, *Sphaerotermes sphaerotherax* e algumas espécies dos gêneros *Armitermes* e *Nasutitermes* apresentam a parte central de seus ninhos rodeada por uma zona periférica que é mais compacta e mais dura do que o restante do ninho. Esta parede externa confere proteção aos habitantes do ninho ao prevenir ou retardar a invasão por predadores (DELIGNE et al., 1981; NOIROT, 1970).

No entanto, os ninhos não são capazes de promover uma proteção absoluta. Estes podem ser parcialmente demolidos ou invadidos por predadores obrigatórios, que são especializados neste tipo de comportamento. Além disso, uma vez fora dos seus ninhos, os cupins são presas vulneráveis, podendo ser atacados por predadores ocasionais. Em algumas espécies, os indivíduos utilizam galerias construídas ao ar livre que levam a fontes de alimento, em árvores ou outros substratos. Estas galerias promovem proteção contra possíveis predadores (DELIGNE et al., 1981). A defesa da colônia é baseada em uma estratégia

integrada, envolvendo interações entre estrutura do ninho, comportamento e morfologia dos soldados e dos operários (NOIROT; DARLINGTON, 2000).

1.2 Defesa por soldados

A casta soldado dos térmitas é, possivelmente, a mais especializada dentre os insetos sociais. O desenvolvimento destes soldados, geralmente a partir de um operário, requer alterações morfológicas similares à metamorfose de insetos holometábolos (DELIGNE, 1962). Estas alterações incluem não apenas o desenvolvimento de alguns órgãos, músculos das mandíbulas, cápsula cefálica, mandíbulas, glândulas defensivas, mas também a regressão de algumas estruturas, como peças bucais e segmentos do tubo digestório. Os soldados utilizam dois tipos principais de armas: mecânicas, como as mandíbulas, e químicas, como as secreções defensivas.

A. Armas Mecânicas: podem envolver modificação da cabeça (soldados fragmóticos) e adaptações das mandíbulas.

Soldados fragmóticos: apresentam cabeças intensamente esclerotizadas e as utilizam para vedação das aberturas do ninho. Assim, estes indivíduos evitam o acesso de predadores e, segundo Stuart (1969), estes soldados são conhecidos como “tampas vivas”.

Armas mandibulares: na maioria das espécies de cupins, os soldados apresentam mandíbulas fortes com músculos mandibulares potentes.

Soldados com mandíbulas esmagadoras. Possuem mandíbulas robustas com pouca amplitude de abertura, semelhante àquelas encontradas em operários. Estes soldados abrem suas mandíbulas quando estão alarmados e ao fechá-las tentam cortar o corpo do inimigo.

Soldados com mandíbulas ceifadoras. Apresentam mandíbulas alongadas. Quando alarmados, abrem-nas e fecham-nas rapidamente, resultando em energia cinética que permite cortar o inimigo mais rapidamente.

Soldados com mandíbulas perfurantes. Apresentam mandíbulas longas e finas e um dente marginal proeminente. As mandíbulas são curvas e se tocam apenas nas pontas. Quando alarmados, estes soldados fecham suas mandíbulas. Antes do golpe, as mandíbulas são pressionadas uma contra a outra e então deslizam devido a contração do músculo adutor.

Soldados com mandíbulas estalantes. Apresentam um sistema similar ao descrito no tópico anterior, no entanto é mais eficiente. Apresentam mandíbulas extremamente assimétricas. A

mandíbula direita é mais curvada e pouco flexível. Já a mandíbula esquerda é curvada logo em sua base o que lhe permite ficar situada acima da mandíbula direita. Isto faz com que as mandíbulas se cruzem sem se tocar. O golpe é bastante violento, uma vez que a energia de ambas as mandíbulas é transformada em tensão elástica (COSTA-LEORNARDO, 2002; DELIGNE et al., 1981).

B. Armas químicas: geralmente estas armas envolvem glândulas exócrinas que produzem substâncias defensivas ou, ainda, outros órgãos de defesa como os órgãos deiscientes e conteúdos intestinais:

Glândulas labiais ou salivares. Soldados de algumas espécies de cupins apresentam estas glândulas hipertrofiadas, as quais se estendem na cavidade abdominal e contêm seus reservatórios cheios de secreção (quinonas). A secreção é liberada pela boca do soldado durante a luta, solidificando-se em contato com o ar e, posteriormente, imobilizando o inimigo (QUENNEDEY, 1984).

Glândula frontal. Glândula cefálica única que representa uma sinapomorfia das famílias Rhinotermitidae, Serritermitidae e Termitidae. Sua estrutura difere consideravelmente de acordo com a casta e o gênero do térmita (DELIGNE et al., 1981; NOIROT, 1969; PRESTWICH; COLLINS, 1982; QUENNEDEY, 1984). A glândula frontal em Rhinotermitidae e Serritermitidae é um complemento importante para as mandíbulas cortantes de seus soldados (ŠOBOTNÍK et al., 2010).

1.3 Defesa por operários

De acordo com Deligne et al. (1981), se for considerado que os operários são responsáveis pela construção e reparação do ninho, além do fechamento de aberturas, esta casta poderia representar a principal defesa da colônia.

Em geral, os operários de Isoptera não apresentam uma defesa eficiente. Isto porque, diante do encontro com o inimigo, estes operários podem fugir ou lutar utilizando suas mandíbulas que têm amplitude limitada. Em Nasutitermitinae, por exemplo, os operários não apresentam armas especiais, porém podem morder os inimigos. As formigas podem sofrer injúrias devido às mordidas, ou podem ser prejudicadas pelos operários presos a elas por meio de suas mandíbulas e, assim, tornarem-se mais vulneráveis aos soldados (EISNER et al., 1976). Em *Neocapritermes taracua*, além dos soldados, os operários também desenvolveram estruturas exclusivas para auxiliar na defesa. A glândula de cristal encontrada exclusivamente

nos operários desta espécie localiza-se no abdômen e produz um cristal que reage com a secreção da glândula salivar resultando em ruptura da parede corpórea e liberação de secreção defensiva de consistência pegajosa a qual imobiliza o inimigo (ŠOBOTNÍK et al., 2012).

Os Isoptera, como mencionado anteriormente, apresentam mecanismos de defesa de natureza mecânica e química visando defender sua sociedade. Estes mecanismos estão, em sua maioria, associados à casta de soldado (DELIGNE et al., 1981). Entretanto, a casta de soldado foi perdida em algumas espécies de cupins, como é o caso de todas as espécies Neotropicais de Apicotermatinae (SANDS, 1972). Deste modo, com a evolução, estes operários, que em contato com inimigos podem ser muito vulneráveis devido a sua agilidade limitada e tegumento fino, também se especializaram na tarefa de defender o ninho. A agressão entre operários de ninhos diferentes em locais onde as populações de cupins são numerosas é o mecanismo primário que mantém separadas as áreas de forrageamento desses ninhos (PRESTWICH, 1984). Em diversas espécies, a defesa mecânica é realizada por meio das mandíbulas, cuja amplitude é limitada. No entanto, o conteúdo intestinal dos operários também pode consistir em um mecanismo de defesa químico efetivo contra seus inimigos conforme observado por Williams (1959) em ninhos de *Cubitermes ugandensis* e *Coptotermes testaceus*.

A literatura apresenta registros de outros mecanismos de defesa mais especializados em operários. Coaton (1971) e Coaton e Sheasby (1972) relataram a estratégia de defesa de térmitas do gênero *Skatitermes*. Neste gênero, o operário flexiona consideravelmente seu abdômen e defeca em seu inimigo, em geral uma formiga, imobilizando-o. Operários do gênero *Cubitermes* também defecam quando são atacados por formigas (WILLIAMS, 1959). Operários dos gêneros *Anoplotermes*, *Cavitermes*, *Dihoplotermes* e *Labiotermes* defecam durante a construção e também como defesa (MILL, 1982; PRESTWICH, 1984). Alguns operários de Apicotermatinae africanos contraem os músculos abdominais até que a ruptura do abdômen ocorra (SANDS, 1982). Esta ruptura ocorre em uma linha fina e delicada do corpo dos operários e expõe o conteúdo intestinal viscoso.

Os térmitas do gênero *Ruptitermes* não apresentam a casta de soldados e exibem um comportamento de defesa peculiar, caracterizado pela ruptura abdominal e liberação de secreção viscosa proveniente dos órgãos deiscentes localizados dorso-lateralmente entre o metatórax e o abdômen (COSTA-LEONARDO, 2004, POIANI; COSTA-LEONARDO, não publicado), a qual imobiliza seus inimigos. A "explosão" do operário causa a morte deste

indivíduo e também a dos seus inimigos, geralmente formigas e, por isso, estes térmitas são denominados cupins-camicases.

A espécie *Ruptitermes reconditus*, objeto do presente estudo, foi pouco estudada e, portanto, faltam informações na literatura a respeito da biologia e ecologia desta espécie. Sabe-se que os ninhos são subterrâneos, constituídos por galerias dispersas sob o solo e os operários forrageiam à noite na serrapilheira, sendo que já foram encontrados vivendo em ninhos de outros cupins (MATHEWS, 1977; COSTA-LEONARDO, 2006).

2. Objetivos

Em vista do exposto, este trabalho objetivou:

- A. Testar a eficácia de armadilhas contendo diferentes iscas celulósicas visando otimizar a coleta dos operários de *R. reconditus*;
- B. Entender os estímulos que promovem a ruptura abdominal do operário e a eficácia deste comportamento de defesa por meio de bioensaios comportamentais;
- C. Obter o Índice de formato da mandíbula a fim de avaliar o desgaste e, conseqüentemente, inferir a idade relativa dos indivíduos por meio da morfometria da mandíbula de operários;
- D. Verificar se há correlação entre o comportamento de explosão e a idade relativa;
- E. Realizar o mapeamento dos territórios de forrageamento de colônias de *R. reconditus*.

3. Materiais e Métodos

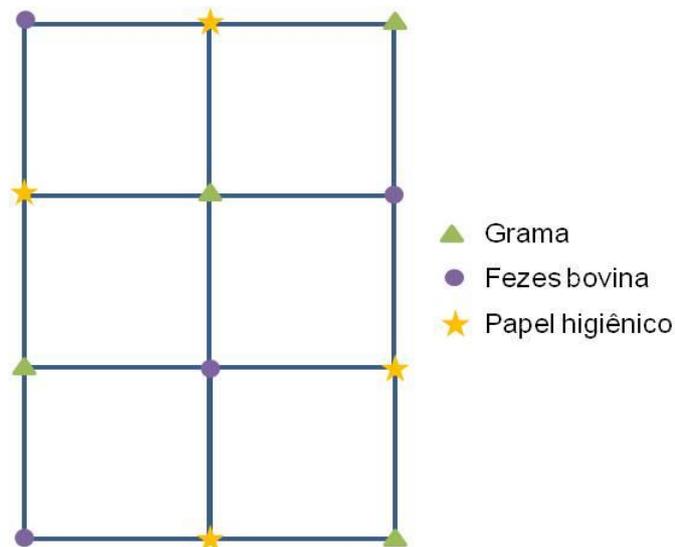
Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizados operários forrageiros da espécie *Ruptitermes reconditus*, coletados manualmente no campus da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP. Os cupins das espécies *Coptotermes gestroi* e *Heterotermes tenuis*, utilizados nos bioensaios, foram coletados no mesmo campus da UNESP. As formigas operárias do gênero *Camponotus* spp. foram obtidas de uma colônia de laboratório mantida no Centro de Estudo de Insetos Sociais (CEIS) da UNESP.

3.1. Coletas com armadilhas celulósicas

As armadilhas foram instaladas em áreas demarcadas dentro do campus da UNESP de Rio Claro. No total, foram demarcadas cinco áreas. Cada área consistiu em uma parcela de 6 m² (2 m x 3 m), contendo 3 colunas e 4 fileiras. As armadilhas com diferentes iscas celulósicas foram enterradas em áreas onde foram observados cupins da espécie *R. reconditus* anteriormente, a 10 cm abaixo do solo e dispostas com 1 m de espaçamento entre elas, intercaladas nas colunas e fileiras, como na Figura 1. As iscas celulósicas utilizadas foram: a) Rolos de papel higiênico (P); b) Fezes de gado (F), previamente secas; e c) Grama (G) também previamente seca.

As iscas F e G foram colocadas em frascos plásticos de 250 mL perfurados para permitir a entrada dos cupins enquanto as iscas P foram enterradas inteiras. Em intervalos de 30 dias após sua instalação, todas as armadilhas foram inspecionadas e repostas por novas armadilhas. O experimento foi desenvolvido durante um período de 5 meses.

Figura 1 – Representação das parcelas com armadilhas celulósicas.



Cada uma das 5 áreas de coleta é uma parcela de 6 m² (2 m x 3 m). As armadilhas contendo diferentes iscas foram dispostas intercaladamente.

3.2. Comportamento de defesa dos operários de Ruptitermes reconditus

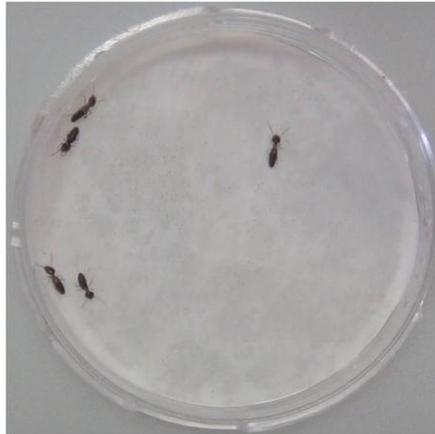
Para a observação do comportamento de defesa em operários de *R. reconditus* foram realizados três tipos de bioensaios, sendo que em dois deles foram usados outros cupins como adversários (experimentos 1 e 2) e no outro uma espécie de formiga (experimento 3).

Nos experimentos 1 e 2 foram utilizados 5 operários de *R. reconditus*, os quais foram delicadamente colocados em placa de Petri de 5 cm de diâmetro contendo papel filtro umedecido e aclimatados durante 1-2 minutos (Figura 2). No experimento 1, juntamente com os 5 operários de *R. reconditus*, foram colocados um soldado e dois operários da espécie *C. gestroi* e posteriormente foi realizada observação da reação dos operários de *R. reconditus* por cerca de 8 minutos. No experimento 2 foram inseridos um soldado e dois operários de cupim da espécie *H. tenuis* e o comportamento observado por cerca de 8 minutos. Cada experimento foi repetido 10 vezes e, em cada repetição, foram utilizados insetos que ainda não haviam participado dos bioensaios.

Os operários de *R. reconditus* que participaram dos experimentos 1 e 2 foram observados em estereomicroscópio para a confirmação de explosão. Os indivíduos que não explodiram foram alocados no "Grupo I" enquanto que os que sofreram ruptura abdominal seja por contato direto com o inimigo, seja por estímulo químico do fixador, foram alocados no "Grupo II". Todos os operários de *R. reconditus* foram fixados em álcool a 80 %.

No experimento 3, uma operária de formiga da espécie *Camponotus* sp. foi colocada em placa de Petri de 9 cm de diâmetro contendo papel filtro umedecido e aclimatada durante 1-2 minutos. Em seguida, foram colocados 5 operários de *R. reconditus*. O comportamento foi observado durante cerca de 5 minutos e foram realizadas 10 repetições, sendo que em cada uma destas foram utilizados insetos que não haviam participado dos experimentos anteriores.

Figura 2 – Arena de bioensaio com 5 operários de *Ruptitermes reconditus* durante período de aclimatação.



3.3. Morfometria da mandíbula

Os operários de *R. reconditus*, assim como de outros cupins, gastam suas mandíbulas durante a alimentação e, de acordo com Noirot (1955), a observação do grau de uso das mandíbulas indica a atividade social do indivíduo. Mandíbulas desgastadas indicam que os operários estão participando ativamente do trabalho da colônia, ou seja, podem ser considerados indivíduos mais velhos enquanto que mandíbulas com a região cortante bem afiada indicam indivíduos inativos ou jovens.

As mandíbulas dos indivíduos dos grupos I e II foram analisadas a fim de correlacionar o comportamento de defesa com a idade relativa do operário. Para esta morfometria as mandíbulas direitas dos operários de *R. reconditus* foram isoladas das cabeças e montadas em lâminas com bálsamo sintético.

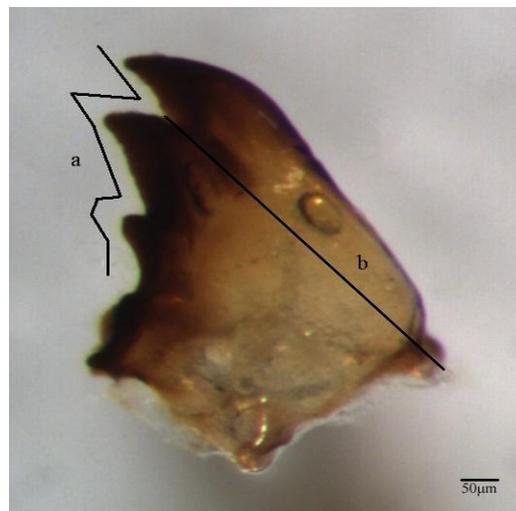
As mandíbulas foram observadas sob estereomicroscópio Zeiss stemi SV6, conectado à câmera Motic-Cam. O Software Motic Image Plus 2.0 foi utilizado para analisar as imagens e fazer as medições. A metodologia de Šobotník et al. (2012) foi utilizada para cálculo do índice do formato da mandíbula (I),

$$I = a/b$$

Sendo: a = distância do comprimento do dente apical até a borda de corte; e b = distância linear entre a incisão posterior do primeiro dente até a base de encaixe da mandíbula (Figura 3).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro e ao teste de homogeneidade de variância de Bartlett. Uma vez que não apresentaram normalidade e homogeneidade de variância, os dados foram analisados estatisticamente por meio do teste não paramétrico de Wilcoxon, com a finalidade de verificar se os grupos I e II diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$). As análises foram realizadas no programa R, versão 3.1.2 (The R Foundation for Statistical Computing, 2014).

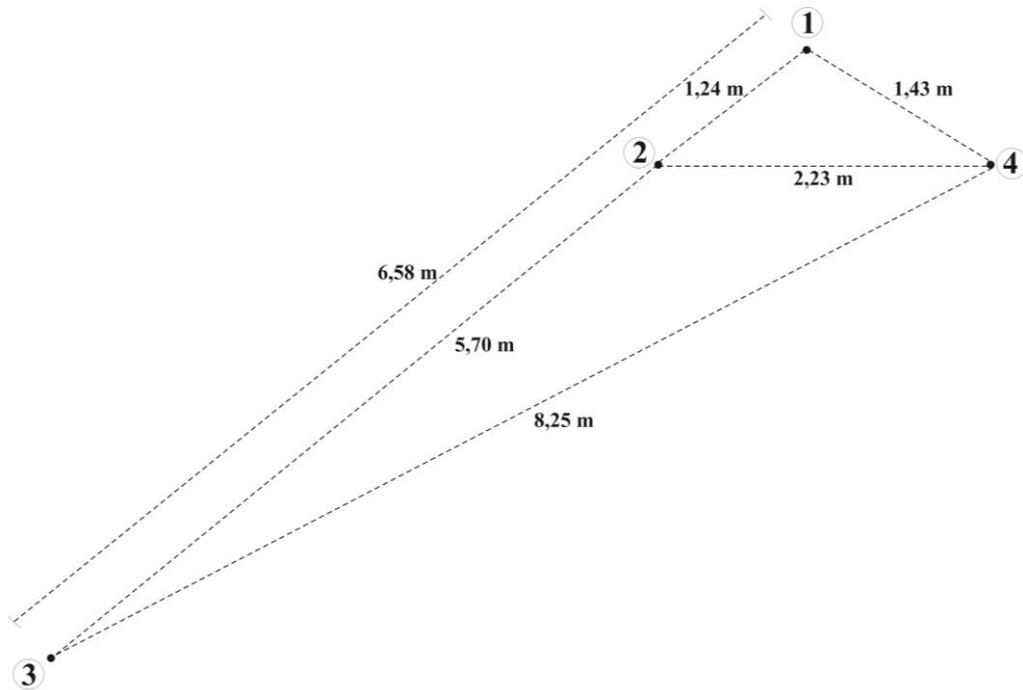
Figura 3 – Ilustração e método de cálculo do índice de formato da mandíbula retirado de Šobotník et al. (2012).



3.4. Mapeamento dos olheiros das colônias

A estimativa de extensão das colônias foi realizada por meio de mapeamento de olheiros ou orifícios de saída de *R. reconditus*. Para tanto, quatro montículos ou orifícios de saída dos forrageiros foram identificados em campo e numerados de 1 a 4. A distância entre os montículos está representada na Figura 4. Os operários destes quatro montículos foram coletados e bioensaios de agressividade foram realizados a fim de verificar se pertenciam à mesma colônia ou não, visto que companheiros de ninho não entram em confronto entre si. A partir dos montículos escolhidos, foram realizados os seguintes confrontos: 1x2, 3x4, 2x4, 1x4 e 2x3. O confronto 1x3 não foi realizado devido ao número insuficiente de cupins coletados.

Figura 4 – Representação dos pontos de coleta de forrageamento de *Ruptitermes reconditus*.



Os círculos pretos indicam os pontos de coleta 1, 2, 3 e 4.

De cada ponto de coleta foram selecionados quatro operários para confronto com o vizinho. O pequeno número de operários forrageiros de *R. reconditus* coletados em cada “montículo” ou orifício de saída não permitiu a repetição dos confrontos. Isto porque, ocorre uma efemeridade do uso dos montículos pelos térmitas, pois novos pontos de coleta foram encontrados em dias subsequentes de coleta. O confronto agonístico entre operários de diferentes pontos de coleta foi realizado em uma arena, neste caso, uma placa de Petri de 5 cm de diâmetro forrada com papel filtro umedecido. Os bioensaios foram mantidos no escuro em temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante uma hora. Após esse período, todos os indivíduos foram observados sob estereomicroscópio para avaliação de comportamento agonístico.

Foram feitos também, bioensaios controles. Para estes bioensaios, oito indivíduos provenientes de um mesmo ponto de coleta foram colocados juntos em um aplaca de Petri. Entretanto, o ponto de coleta dos indivíduos do bioensaio controle não foi o mesmo utilizado nos bioensaios de agressividade, pois a quantidade de operários era insuficiente para os experimentos. Portanto, foram realizados quatro bioensaios controle com cupins provenientes do mesmo ponto de coleta (pontos 5, 6, 7 e 8), que eram próximos dos outros quatro pontos.

Os cupins dos bioensaios de controle foram coletados no dia subsequente à coleta realizada nos pontos 1, 2, 3 e 4.

Para avaliação do comportamento agressivo intra-específico foram atribuídas notas para as injúrias, uma vez que a taxa de mortalidade poderia ser equívoca, pois os cupins mortos poderiam não ter sofrido injúrias e indivíduos muito injuriados poderiam permanecer vivos. Deste modo, para cada indivíduo que participou dos bioensaios foram atribuídas notas: um ponto para cada membro decepado (duas antenas, seis pernas) e um ponto para a explosão, totalizando assim, 9 pontos por indivíduo no máximo. As notas de todos os indivíduos que participaram do confronto foram somadas e a porcentagem total de injúrias foi obtida para cada indivíduo e por ensaio. Considerou-se que houve agressividade no confronto quando o número de indivíduos injuriados foi igual ou superior a cinco e a porcentagem de injúrias (contabilizadas através de pontos) ultrapassou 30 %. Esta metodologia é modificada de Polizzi e Forschler (1998), Camargo-Dietrich e Costa-Leonardo (2000) e Roisin et al. (1986). Portanto, nos bioensaios em que a análise indicou que houve comportamento de agressividade, considerou-se que os indivíduos participantes eram provenientes de colônias diferentes.

Novamente, os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro e ao teste de homogeneidade de variância de Bartlett e, novamente, não apresentaram normalidade e homogeneidade de variância. Deste modo, os dados foram analisados estatisticamente por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$). As análises foram realizadas no programa R, versão 3.1.2 (The R Foundation for Statistical Computing, 2014).

Devido aos poucos olheiros apresentados neste estudo, a área de forrageamento foi estipulada numa tentativa de compreender o raio de atividade de coleta dos operários. Áreas circulares foram construídas de dois modos diferentes. Na primeira análise, um círculo foi construído utilizando-se três pontos (olheiros 1, 2 e 4, pois verificou-se que pertencem a mesma colônia). Para tanto, as bissetrizes dos segmentos que ligam os três pontos foram calculadas e o centro do círculo foi encontrado e, conseqüentemente, o raio foi traçado do centro do círculo até os olheiros. O raio é o mesmo para os três olheiros ($r = 1,205$ m). A área do círculo, então, foi calculada utilizando-se: $A = \pi r^2$, sendo $r = 1,205$ m.

Na segunda análise, cada um dos três olheiros (1, 2 e 4) foi tomado como centro de um círculo cujo raio é a distância entre os pontos, ou seja, de 1 para 2 a distância de 1,24 m corresponde a um raio; de 1 para 4, a distância de 1,43 m corresponde ao raio de um outro círculo de ação; e entre 2 e 4, a distância de 2,23 m corresponde ao maior raio de ação. Sendo

2,23 m o maior raio, verificou-se que os círculos se sobrepõem e que a área total de forrageio pode ser calculada pela fórmula: $2\pi r^2 - (2\pi/3 - \sqrt{3}/2) R^2$, onde $2\pi r^2$ corresponde à área de 2 círculos e $(2\pi/3 - \sqrt{3}/2) R^2$ corresponde à área de intersecção entre os dois círculos. Nesta fórmula, $r = R = 2,23$ m e $\pi = 3,14$.

Além disso, foi calculada a área formada pelo triângulo tendo os três olheiros (1, 2 e 4) como vértices visando estipular uma possível área de forrageamento. Para tanto, foi utilizada a fórmula de Heron, que permite calcular a área de um triângulo em função das medidas dos seus três lados.

$$rea\ do\ tri\ ngulo = \sqrt{S(S - a)(S - b)(S - c)}$$

Sendo S = semi-perímetro do triângulo; a, b e c são as medidas dos lados do triângulo.

$$S = \frac{a + b + c}{2}$$

4. Resultados e Discussão

4.1. Coletas com armadilhas celulósicas

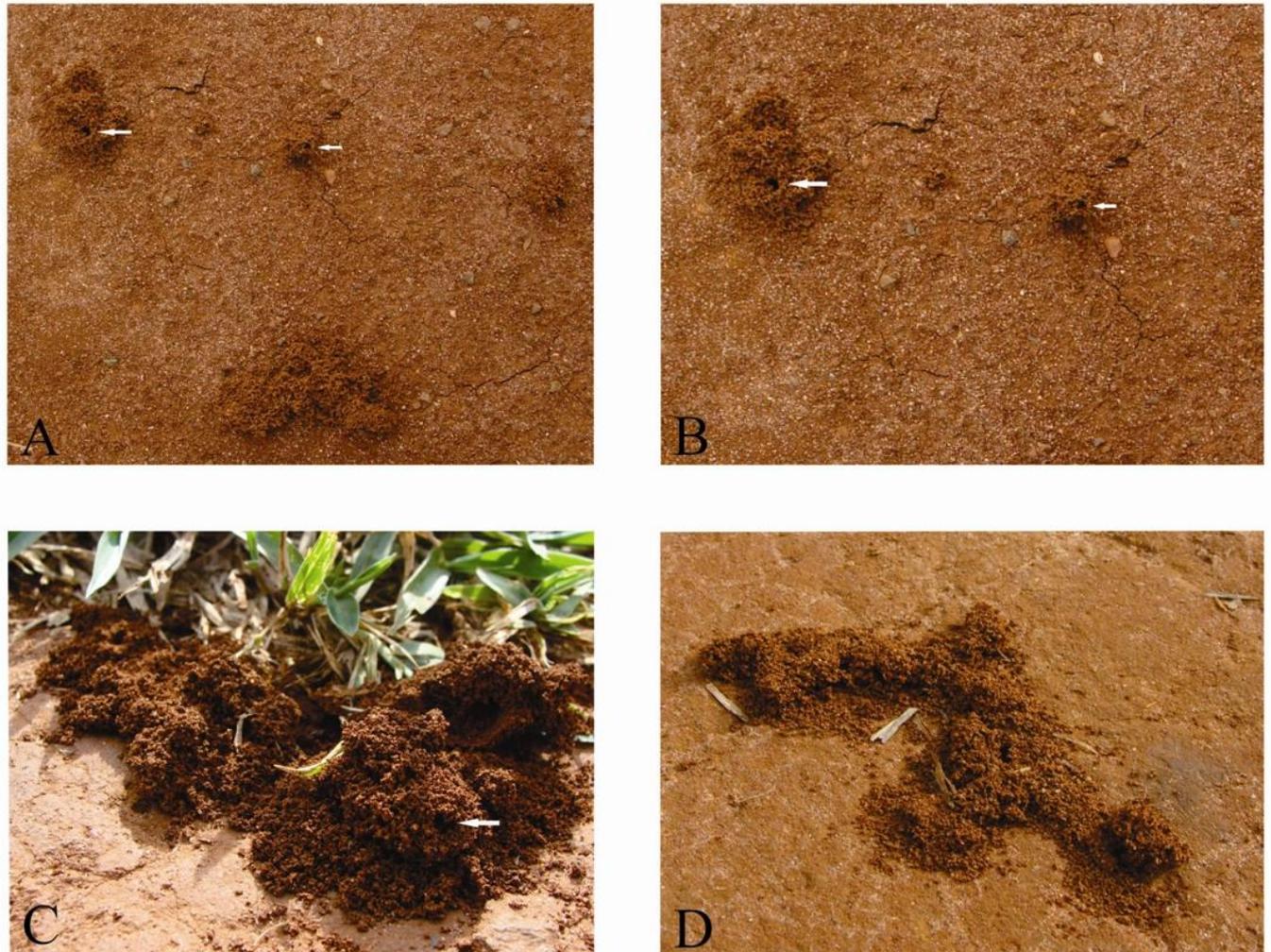
Em todas as inspeções e reposições de armadilhas não foram encontradas infestações de cupins da espécie *R. reconditus*. No entanto, algumas armadilhas capturaram cupins forrageiros dos gêneros *Coptotermes* e *Nasutitermes*. Cupins do gênero *Coptotermes* foram encontrados nas armadilhas F enquanto os *Nasutitermes* foram encontrados tanto em armadilhas F quanto P.

As diferentes armadilhas celulósicas não foram atrativas para a coleta de *R. reconditus* e este resultado pode ser explicado, devido ao 1) desaparecimento das colônias das áreas amostradas, ou 2) à ineficiência do material celulósico utilizado para a espécie, ou ainda, 3) devido à abundância de alimento no ambiente, além das armadilhas. A primeira hipótese deve-se ao fato de que outras espécies de cupins foram coletadas (*Coptotermes gestroi* e *Nasutitermes* sp.), as quais poderiam estar em competição com *R. reconditus*. Por outro lado, se a segunda hipótese for verdadeira, o material utilizado como isca foi mais atrativo para as outras espécies de cupins coletadas. Ainda, no caso da terceira hipótese, a coleta manual nos

locais onde estariam as armadilhas pode indicar que há abundância de alimento no local, não se tornando atrativo o forrageio nas armadilhas.

A experiência adquirida durante as coletas da presente pesquisa mostrou que grandes colônias de *R. reconditus* constroem pequenos abrigos sobre as aberturas de comunicação com o solo (olheiros). Estas construções têm aparência de pequenos montículos e parecem característicos da espécie *R. reconditus*. Estas estruturas podem ser observadas na Figura 5 e não estão descritas na literatura disponível para a espécie. Uma vez que as armadilhas não capturaram cupins forrageiros de *R. reconditus*, estes foram coletados com o auxílio de ferramentas de jardinagem, durante o período compreendido entre o crepúsculo e a alvorada nestes pequenos montículos que, provavelmente, são saídas de forrageamento da mesma colônia. Na Figura 5B podem ser observados olheiros não bloqueados pelos cupins, já que estes insetos selam estas aberturas durante o dia. Também foram observados operários de *R. reconditus* forrageando em aberto durante o período noturno. Estes indivíduos encontravam-se distantes dos montículos já descritos, sendo que o mesmo indivíduo saía por um olheiro e posteriormente, já com o alimento coletado, retornava ao ninho por outro olheiro, localizado a poucos centímetros da saída inicial.

Figura 5 – “Montículos” construídos por *Ruptitermes reconditus*.



A e B - Visão geral dos “montículos”, sendo possível observar os olheiros. C e D - Detalhe dos “montículos”. As setas indicam as aberturas ou olheiros da colônia.

4.2. Comportamento de defesa dos operários de *Ruptitermes reconditus*

O comportamento de explosão foi observado em todas as repetições dos experimentos 1 e 2 e as estratégias foram as mesmas, independente da espécie utilizada como inimiga, *C. gestroi* ou *H. tenuis*. Os resultados indicam que dos 5 operários de *R. reconditus* ao menos 2 e no máximo 5 entraram em confronto com os cupins inimigos, sendo que geralmente o confronto ocorreu entre o operário de *R. reconditus* e o soldado da outra espécie. Observou-se que para executar comportamento agonístico altruístico, o operário de *R. reconditus* necessita de um estímulo físico-tátil na lateral de seu abdômen.

Diante do encontro com outra espécie de cupim, o operário de *R. reconditus* pode desenvolver diferentes respostas, como:

- (a) evitar ataque do cupim adversário esquivando-se;
- (b) atacar usando suas mandíbulas;
- (c) atacar liberando substância viscosa proveniente do órgão deiscente sobre o adversário.

Em relação a este último comportamento, verificou-se que o operário de *R. reconditus* projeta seu abdômen lateralmente em direção ao cupim adversário instantes antes de sua explosão (Figura 6). Mill (1984) também observou comportamento de explosão em operários de *Ruptitermes proratus* que estavam distantes 2 a 3 mm de outro indivíduo da mesma colônia, o qual já tinha rompido o órgão de defesa e exposto a secreção defensiva, caracterizando, segundo o autor, a liberação de um feromônio de alarme. Entretanto, não foi observado outro operário de *R. reconditus* explodindo sem ter entrado em contato direto com o cupim ou formiga inimigos.

Nos bioensaios que tiveram cupins como adversários, comprovou-se que o comportamento de defesa dos operários de *R. reconditus* é eficiente já que ocorre imobilização e morte do térmita inimigo, independente da espécie utilizada. Embora o operário de *R. reconditus* exiba um comportamento de atacar o adversário usando suas mandíbulas, estas causam menos danos em comparação com o mesmo comportamento desenvolvido pelos soldados adversários, já que estes possuem mandíbulas bem desenvolvidas e adaptadas para a defesa. Porém, o uso das mandíbulas pelos operários de *R. reconditus* mostrou-se eficaz contra os operários das espécies adversárias uma vez que provocou injúrias, como membros decepados.

As formigas foram sempre muito agressivas diante do encontro com operários de *R. reconditus*. Em 100 % dos encontros, *Camponotus* sp. se comportou agressivamente e atacou os operários de *R. reconditus* causando injúrias. Em 0,09 % dos encontros estes térmitas recuaram e, em geral, os ataques foram iniciados pelas formigas.

Diante do ataque da *Camponotus* spp. os operários de *R. reconditus* desenvolveram os seguintes tipos de comportamentos:

- (a) evitou o ataque da formiga, recuando;
- (b) atacou a formiga usando suas mandíbulas;

(c) explodiu, liberando substância viscosa proveniente dos órgãos deiscuentes.

O comportamento de explosão de *R. reconditus* foi observado em 7 das 10 repetições realizadas, sendo que no mínimo um e no máximo três operários explodiram. Ao contrário do observado nos bioensaios 1 e 2, as formigas não foram imobilizadas e nem mortas pela substância viscosa liberada na explosão do operário de *R. reconditus*. No entanto, notou-se que estas desenvolviam comportamento atípico e exibiam comportamento de limpeza logo após o confronto em que o operário explodiu. Possivelmente, algumas substâncias tóxicas e/ou voláteis foram liberadas causando irritação e necessidade de limpeza por parte da formiga. Além disso, foi observado que o ataque de operários de *R. reconditus* via mandíbulas não causou injúrias nas formigas. Isto ocorreu, possivelmente, porque o tegumento das formigas é espesso e as mandíbulas dos operários dos cupins possuem ângulo de abertura reduzido.

Figura 6 – Confronto entre operário de *Ruptitermes reconditus* e soldado de *Coptotermes gestroi*.



4.3. Morfometria da mandíbula

A análise dos Índices de formato da mandíbula do “grupo I”, o qual tem como representantes operários de *R. reconditus* que não explodiram nos bioensaios, indicou que estes valores estão entre 0,61 e 0,94, com média $0,79 \pm 0,05$. Já o “grupo II”, apresentou valores compreendidos entre 0,64 a 0,96, com média $0,79 \pm 0,07$ (Figuras 7 e 8). A análise

indicou que não há diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($W = 1310.5$, $p = 0.615$, $gl = 0.05$, Teste de Wilcoxon) (Figura 9). Deste modo, pode-se inferir que não há relação entre a faixa etária dos operários de *R. reconditus* e o comportamento de defesa, uma vez que não foram observadas diferenças no desgaste mandibular entre os diferentes grupos. Uma possível razão para tanto pode ser o fato de que todos os indivíduos envolvidos nos experimentos foram coletados forrageando, ou seja, provavelmente estão na mesma faixa etária. Ao contrário, Šobotník et al. (2012) verificaram que apenas os operários mais velhos estão aptos e envolvidos no comportamento explosivo de defesa em *N. taracua*.

Figura 7 – Gráfico representativo dos valores do Índice de formato da mandíbula (I) dos operários de *Ruptitermes reconditus* que não explodiram (Grupo I) durante os bioensaio 1 e 2 .

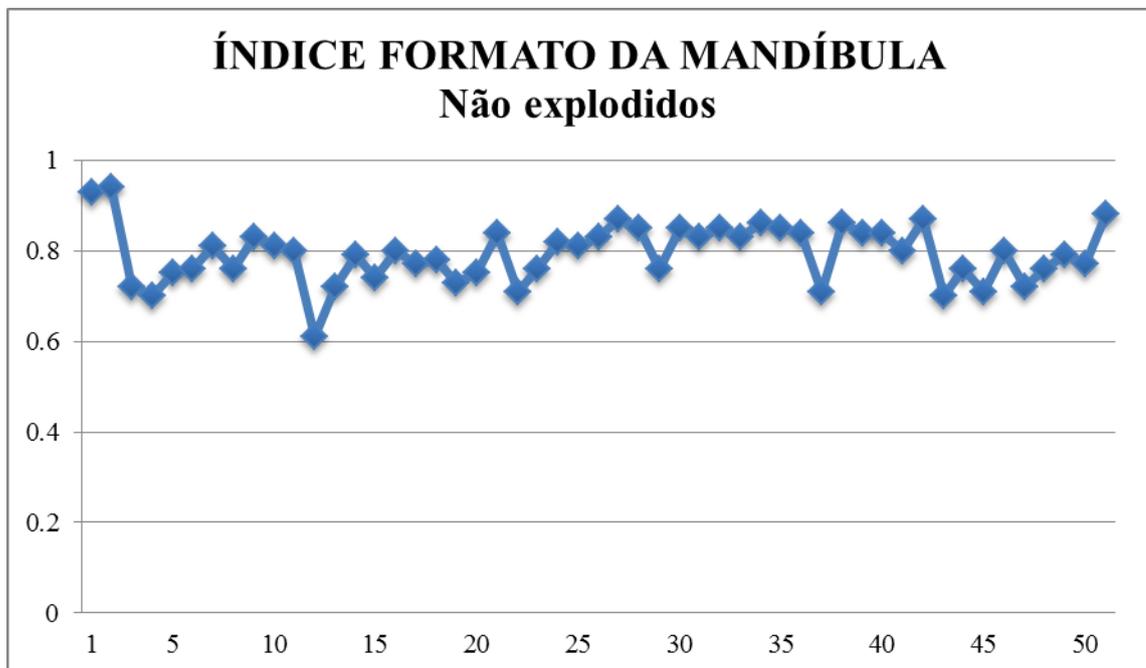


Figura 8 – Gráfico representativo dos valores do Índice de formato da mandíbula (I) dos operários de *Ruptitermes reconditus* que explodiram (Grupo II) durante os bioensaios 1 e 2.

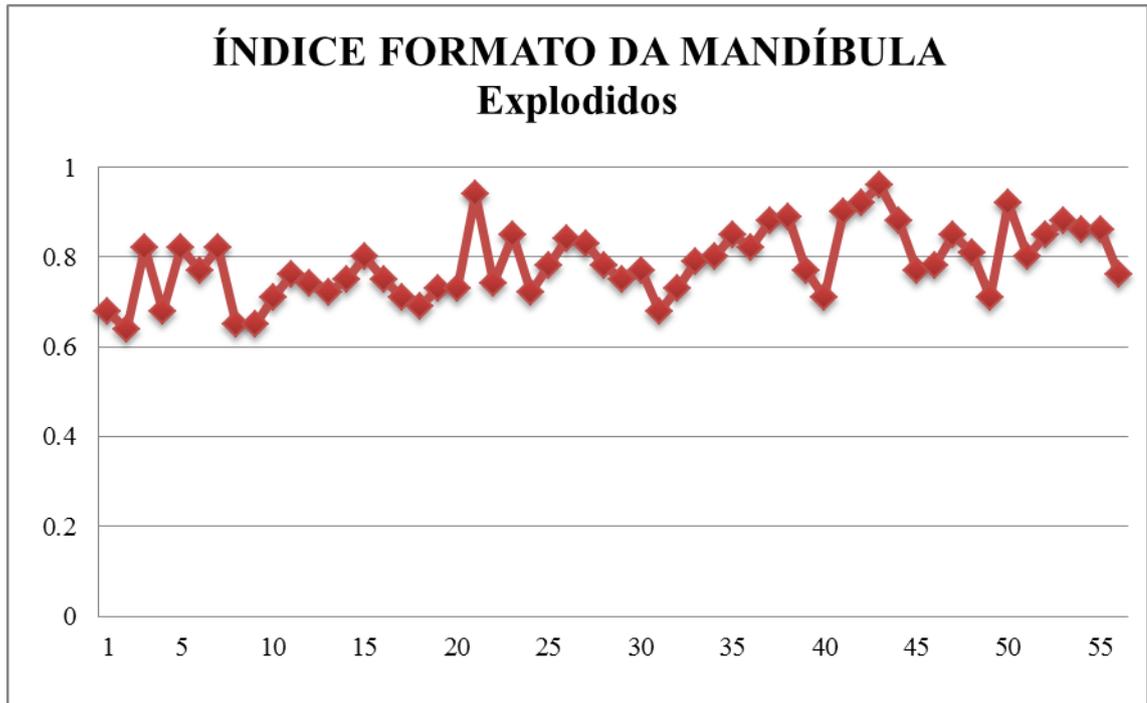
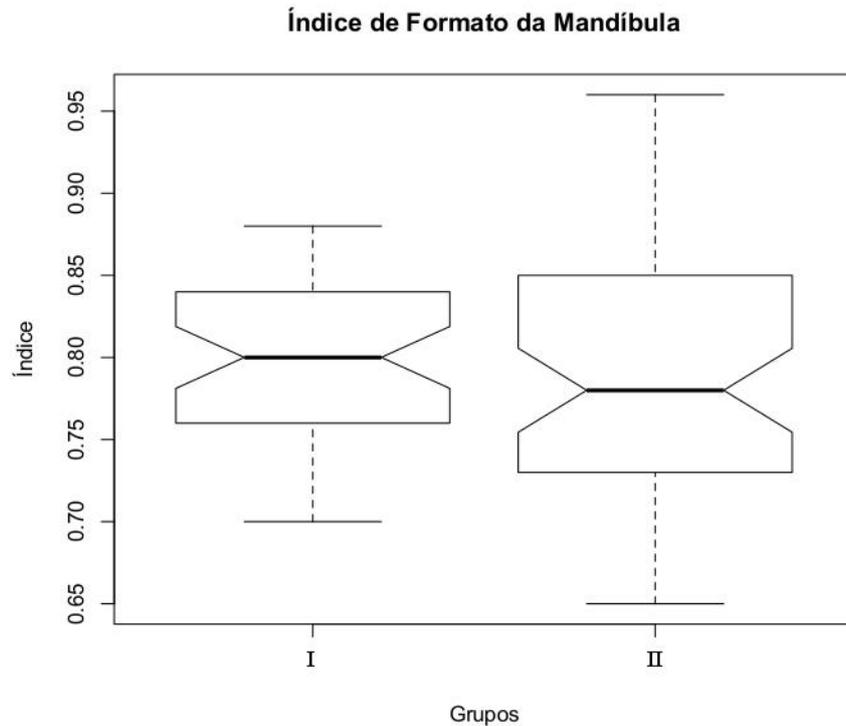


Figura 9 – Comparação entre os Índices de formato da mandíbula de indivíduos do grupo I (formado por *Ruptitermes reconditus* que não explodiram nos bioensaios) e grupo II (explodiram nos bioensaios).



4.4. Mapeamento dos olheiros das colônias

No presente trabalho foram realizados quatro mapeamentos em diferentes dias de coleta, mas só um deles foi satisfatório, pois foi difícil o desenvolvimento de uma metodologia para o mapeamento dos olheiros porque, devido à coleta de poucos indivíduos, não foi possível a utilização de metodologias descritas na literatura para outros cupins, como cupins subterrâneos dos gêneros *Coptotermes* e *Heterotermes*. Assim, a presença de um pequeno número de cupins em cada orifício de saída (ponto de coleta) impediu a realização das repetições dos confrontos para testes de agonismo. Conforme já relatado, o mesmo ponto de saída da colônia para forrageamento na superfície não foi utilizado duas vezes, ou seja, em duas noites consecutivas e deste modo, não foi possível recorrer ao mesmo ponto sequencialmente.

Em todos os bioensaios controles realizados não houve comportamento agonístico (Tabela 1).

Tabela 1 - Os confrontos controle entre operários forrageiros de *Rupititermes reconditus* provenientes do mesmo ponto de coleta.

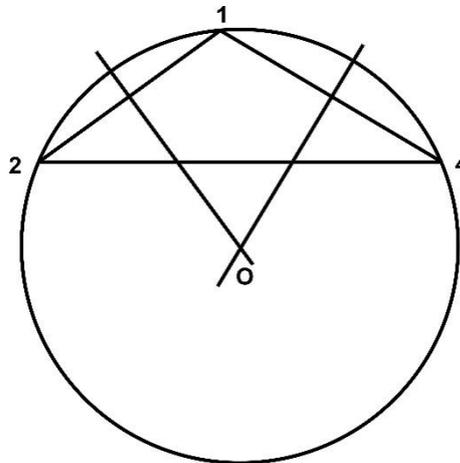
Confrontos	Número de indivíduos injuriados	Porcentagem de injúrias no confronto (%)	Comportamento agonístico
5x5	1	1,3	Negativo
6x6	2	2,7	Negativo
7x7	1	1,3	Negativo
8x8	1	1,3	Negativo

As análises mostraram que não houve comportamento agressivo entre os pareamentos 1x4, 1x2 e 2x4 (Figura 10, $\chi^2 = 54.8352$, gl = 8, $p < 0.001$, Kruskal-Wallis). Por outro lado, os resultados dos bioensaios entre pareamentos 3x2 e 3x4 mostram comportamento de agressividade (Tabela 2). No pareamento 1x2 houve uma certa agressividade, caracterizada

Durante a realização deste trabalho, foi notado que operários de *R. reconditus* que executavam o comportamento de explosão apresentavam mais injúrias (membros amputados) em relação aos demais operários participantes dos mesmos bioensaios. Este fato, sugere que só os operários de *R. reconditus* mais injuriados utilizaram o comportamento de explosão como um último recurso contra o inimigo.

O pequeno número amostral de olheiros dificulta entender qual o tamanho da área de forrageio utilizada pelos operários de *R. reconditus*, mesmo porque os olheiros podem desaparecer e aparecer em locais diferentes de um dia para o outro. Desta forma, algumas interpretações foram feitas na tentativa inferir a área ao redor dos olheiros podem ser exploradas. Na primeira análise, a área do círculo corresponder à área de atividade de coleta, tendo os olheiros como pontos estratégicos e equidistantes em relação ao raio de forrageamento (Figura 11). Neste caso, a área do círculo de forrageamento seria de $4,6 \text{ m}^2$.

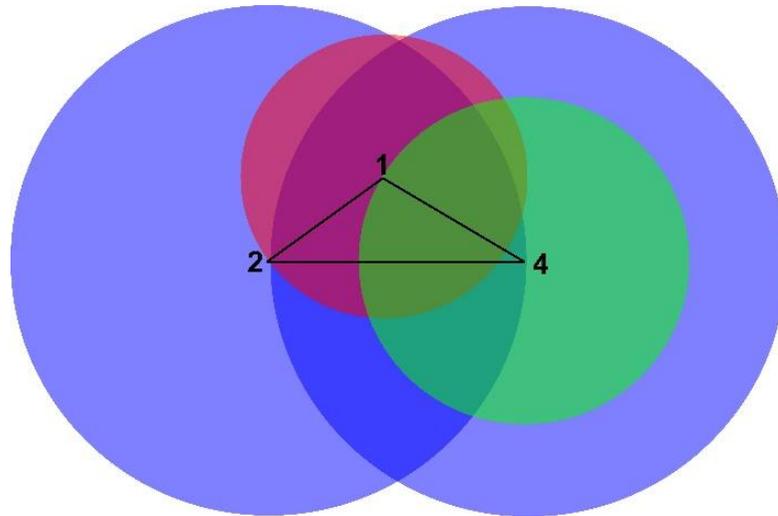
Figura 11 – As áreas de forrageamento foram estipuladas a partir de três montículos (1, 2 e 4) onde os operários de *Ruptitermes reconditus*, foram coletados.



A área circular foi traçada, tendo um ponto central (O) do qual a distância entre O1, O2 e O4 é equidistante, ou seja, é o raio do círculo.

Na segunda análise, cada olheiro foi tomado como centro de um círculo de ação (Figura 12). Neste caso, a área de atuação se estenderia por $25,1 \text{ m}^2$.

Figura 12 – Cada um dos três olheiros (1, 2 e 4) representa o centro de um círculo de forrageio possível.



Sendo assim, os menores círculos formados pelos raios de 1, 24 m e 1, 43 m se sobrepõem aos círculos de 2, 23 m de raio. A área total é dada pela soma dos dois círculos maiores, com a retirada de uma das intersecções entre os mesmos.

Tabela 2 – Comportamento agonístico após pareamentos entre operários forrageiros de *R. reconditus*.

Confrontos	Distância entre pontos (metros)	Número de indivíduos injuriados	Porcentagem de injúrias no confronto (%)	Comportamento agonístico
1x2	1,24	7	23,3	-
3x4	8,25	8	30,2	+
2x4	2,23	0	0	-
1x4	1,43	0	0	-
3x2	5,70	8	39,8	+

+ = agonismo, - = ausência de agonismo.

Após os resultados dos bioensaios de agressividade, foi possível calcular a área do território de forrageamento de uma colônia de *R. reconditus* que incluiu os pontos de coleta 1, 2 e 4 (Figura 13).

$$\text{Área} = \sqrt{S(S - a)(S - b)(S - c)}$$

Se $a = 2,23$, $b = 1,24$ e $c = 1,43$.

$$S = \frac{2,23 + 1,24 + 1,43}{2} = \frac{4,9}{2} = 2,45$$

$$S - a = 0,22$$

$$S - b = 1,21$$

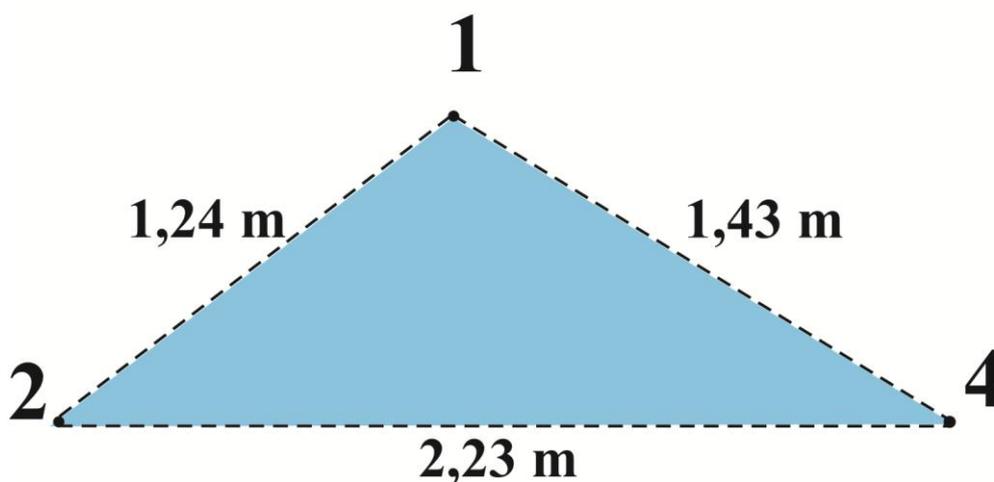
$$S - c = 1,02$$

$$\text{Área} = \sqrt{(2,45)(0,22)(1,21)(1,02)}$$

$$\text{Área} = \sqrt{0,66}$$

$$\text{Área} = 0,81\text{m}^2$$

Figura 13 – Detalhe do território de forrageamento de uma colônia de *Ruptitermes reconditus*.



Os círculos pretos indicam os pontos de coleta e a área sombreada indica o território de forrageamento de *Ruptitermes reconditus*.

Os resultados obtidos nas coletas, assim como a dificuldade de realizar os bioensaios de agonismo mostraram que a população forrageira das colônias de *R. reconditus* é constituída por pouquíssimos indivíduos. Tudo isto sugere que as colônias desta espécie também não são numerosas. Os cupins subterrâneos da família Rhinotermitidae, cuja população de uma colônia é constituída por milhares de indivíduos, possuem áreas de território de forrageamento que variam de 266 a 1091 m² em *Reticulitermes* (GRACE; ABDALLAY; FARR, 1989), 70 a 175 m² em *Heterotermes tenuis* (COSTA-LEONARDO, 2002) e 24 a 2585 m² em *Coptotermes gestroi* (CASARIN, 2007). As áreas de forrageamento são dinâmicas e mostram uma diferenciação sazonal. Além disso, existem influências das condições internas da colônia, como a idade e a sanidade das colônias de cupins (COSTA-LEONARDO, 2002). No presente estudo, as extrapolações do mapeamento do território de forrageamento variaram de 0,82 m² a 25,1 m², constituindo uma área relativamente pequena em comparação com as demais espécies já estudadas. As áreas de forrageamento de *R. reconditus* são dinâmicas e mostram uma diferenciação sazonal.

De acordo com Alfonzo et al. (2006), no cupim subterrâneo *Syntermes molestus*, que também pertence à família Termitidae, embora incluso em outra subfamília, Sytermitinae, o território de forrageamento é circular. Na região central deste território ficam os orifícios de saída da colônia, mas em geral, o território de forrageamento não excede 1,50 m de comprimento e 0,40 m de largura. Na referida espécie, o comportamento de forrageamento é iniciado com a saída dos soldados que então se posicionam periféricamente aos orifícios de saída. Em seguida, os operários saem e formam uma coluna de forrageamento até a fonte de alimento. No perímetro desta coluna ficam dispostos os soldados e estes mantêm uma postura defensiva. Após o fim da atividade de forrageamento, todos os indivíduos retornam ao ninho e os operários fecham os orifícios de saída, que podem ser utilizados na noite seguinte de forrageamento. Embora *R. reconditus* seja também uma espécie de cupim subterrânea, esta espécie não apresenta a casta de soldados e não usa o mesmo orifício de saída repetidas vezes. Assim, seus operários possivelmente apresentam um território de forrageamento e estratégias de defesa distintas de operários da espécie relatada anteriormente. Contudo, dados de forrageamento para a subfamília Apicotermatinae não estão disponíveis.

Todas as coletas referentes ao mapeamento do território da colônia foram realizadas na mesma área, cuja vegetação era constituída por gramínea. No local também foi constatada a presença de outras espécies do gênero *Ruptitermes*, como *Ruptitermes xantochiton* e *Ruptitermes* sp B (ACIOLI, 2007). Estas duas espécies ocupam o mesmo nicho ecológico que *R. reconditus* e nas diversas coletas realizadas durante o desenvolvimento deste trabalho foram observados indivíduos pertencentes a elas forrageando em áreas muito próximas. Assim, é possível que as áreas de forrageamento de *R. reconditus* sejam influenciadas por competição, e os operários não utilizem o mesmo ponto de saída em dias subsequentes.

Os recursos utilizados por *R. reconditus* são bastante abundantes na área de coleta. Isto pode indicar que o ponto de saída da colônia para forrageamento não é distante da fonte de recursos. Assim, estes animais percorrem pequenas distâncias acima da superfície do solo, uma vez que seus “montículos” têm tamanho reduzido, alcançando no máximo 15 cm de diâmetro e, como descrito anteriormente, um operário sai por um orifício de saída e posteriormente, já com o alimento coletado, retorna ao ninho por outro orifício, localizado a poucos centímetros da saída inicial. Deste modo, os indivíduos ficam expostos na superfície do solo em áreas muito pequenas e durante breve período do tempo. Possivelmente, este fato permite uma reduzida probabilidade do encontro entre indivíduos provenientes de colônias diferentes.

5. Conclusões

O presente estudo teve por finalidade conhecer e compreender aspectos comportamentais e ecológicos da espécie de cupim subterrâneo *R. reconditus*, abrangendo estratégias de coleta, defesa e área de forrageamento.

No que diz respeito às coletas, verificou-se que as armadilhas testadas com diferentes iscas celulósicas não foram colonizadas por *R. reconditus* seja porque a fonte de alimento fornecida como isca não foi atrativa (falta de umidade, valor nutricional), seja porque o ambiente apresentava abundância de alimento.

O comportamento de defesa peculiar desta espécie, por ser desempenhada pelos operários, foi observada e analisada por meio dos bioensaios e mostrou-se eficiente contra outras espécies de cupins, uma vez que após a ruptura da parede corpórea e eliminação de secreção pegajosa, ocorre a imobilização e posterior morte do cupim

inimigo, independente da espécie utilizada. No entanto, algumas formigas de hábitos noturnos parecem ser predadores eficientes, como é o caso da formiga *Camponotus* sp, também utilizada nos bioensaios do presente estudo, uma vez que elas não sofrem injúrias (perda de pernas ou antenas) e não são imobilizadas pela substância viscosa proveniente dos órgãos deiscientes.

Em *R. reconditus*, verificou-se que não há relação entre idade relativa do operário e o comportamento de explosão, possivelmente devido à utilização de operários forrageiros nos bioensaios, ou seja, indivíduos que, provavelmente, estão na mesma fase de vida.

Por ser uma espécie subterrânea e pouco estudada, as informações sobre área de forrageio e o mapeamento de tal área é difícil, visto que os montículos e olheiros utilizados para a saída de coleta de material mudam espacialmente em curto prazo de tempo. Mesmo assim, as análises e extrapolações permitem inferir que a área de território de forrageamento de uma colônia de *R. reconditus* é bastante pequena.

Os resultados obtidos no presente estudo contribuem para o conhecimento e, conseqüentemente, para a conservação da espécie em estudo. Pesquisas posteriores são necessárias visto que apenas forrageiros foram coletados e analisados quanto à capacidade de defender a colônia. Além disso, a dimensão da colônia é desconhecida e a área de forrageio pode variar se forem encontrados mais montículos que pertençam à mesma colônia.

6. Referências

ACIOLI, A.N.S. **Revisão taxonômica e relações filogenéticas do gênero neotropical *Ruptitermes* Mathews, 1977** (Isoptera: Termitidae: Apicotermittinae). Tese de Doutorado (Ciências Biológicas: Entomologia). INPA. 2007.

ALFONZO, D. An open-air foraging behavior of *Syntermes molestus* (Termitidae: Nasutitermitinae). In: XV International Congress IUSI, 15, 2006, Washington, Abstracts. Washington, DC: IUSI, 2006.

BUCZKOWSKI, G.; BENNETT, G. Behavioral interactions between *Aphaenogaster rudis* (Hymenoptera: Formicidae) and *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae): The Importance of Physical Barriers. **Journal of Insect Behavioral**, v. 21, p. 296–305, 2008.

BORDEREAU, C. et al. Suicidal defensive behavior by frontal gland dehiscence in *Globitermes sulphureus* Haviland soldiers (Isoptera). **Insectes Sociaux**, v.44, p.289-296, 1997.

CAMARGO-DIETRICH, C.R.R.; A. M. COSTA-LEONARDO. Comportamento intra-específico do cupim *Heterotermestenuis* (Hagen) (Isoptera, Rhinotermitidae) em condições de laboratório. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 421-427, 2000.

CASARIN, F. E. **Seleção de ingredientes para o controle do cupim subterrâneo *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae)**. 2007. 164 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2007.

COATON, W.G.H. Five new termite genera from South West Africa (Isoptera: Termitidae). **Cimbebasia Series A**, n.2, p. 1-34, 1971.

COATON, W.G.H.; SHEASBY, J.L. Preliminary report on a survey of the termites (Isoptera) of South West Africa. **Cimbebasia Memoir**, n. 2, p. 7 p. 1-129, 1972.

CONSTANTINO, R. 2013. On-Line Termites Database. Disponível em: <<http://164.41.140.9/catal/>>. Acesso em: 17.set. 2013.

CORNELIUS, M. L.; J. K. GRACE. Behavioral responses of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) to semiochemicals of seven ant species. **Environmental Entomology** v.23, p.1524–1528, 1994.

COSTA-LEONARDO, A.M. A new interpretation of the defense glands of Neotropical *Ruptitermes* (Isoptera, Termitidae, Apicotermitinae). **Sociobiology**, v.44, p. 391-402, 2004.

COSTA-LEONARDO, A.M. **Cupins-praga: morfologia, biologia e controle**. Rio Claro, Ana Maria Costa-Leonardo (Ed), 2002. 128 p.

COSTA-LEONARDO, A.M. Os cupins kamikazes. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, RJ, v. 38, p.68-70, 2006.

COSTA-LEONARDO, A. M.; KITAYAMA, K. Frontal gland dehiscence in the Brazilian termite *Serritermes serrifer* (Isoptera: Serritermitidae). **Sociobiology**, v. 19, p. 333–338, 1991.

DELIGNE, J. Observations sur la transformation de l'ouvrier en soldat chez le termite du Natal, *Beliicositermes natalensis* (Havaland). **Insectes Sociaux**, v. 9, p 7-21, 1962.

DELIGNE, J.; QUENNEDEY, A.; BLUM, M.S. The enemies and defense mechanisms of termites, p. 1-76. *In*: H.R. HERMANN (Ed.). **Social Insects**. New York, Academic Press, v. 2, p. 491, 1981.

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

ENGEL, M.S.; GRIMALDI, D.A.; KRISHNA, K. Termites (Isoptera): their phylogeny, classification, and rise to ecological dominance. **American Museum Novitates**, New York, n. 3650, p. 1-27, 2009.

EGGLETON, P. et al. The diversity, abundance and biomass of termites under differing levels of disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, Southern Cameroon. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**. v. 351, p. 51- 68, 1996.

EISNER, T; KRISTON, I.; ANESHANSLEY, D.J. Defensive behavior of a termite (*Nasutitermes exitiosus*) (Isopt. Termitidae). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 1, p. 83-125, 1976.

GRACE, J.K; ABDALLAY, A.; FARR, K.R. Eastern subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) foraging territories and populations in Toronto. **The Canadian**

Entomologist, Ontario, v. 121, p. 551-556, 1989.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants**. The belknap Press of Harvard University Press Cambridge, Massachusetts, 1994.

KAIB M. et al. Cuticular hydrocarbons in a termite: Phenotypes and a neighbour-stranger effect. **Physiological Entomology**. v. 27, p.189–198, Sep. 2002. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-3032.2002.00292.x/full>> Acesso em: 20 de dezembro de 2014.

KAIB, M. et al. Cuticular hydrocarbons and aggression in the termite *Macrotermes subhyalinus*. *Journal of Chemical Ecology*, v. 30, n. 2, p. 365–385, Feb. 2004.

KORB, J.; LINSENMAIR, K.E., The causes of spatial patterning of mounds of a fungus-cultivating termite: results from nearest-neighbour analysis and ecological studies. **Oecologia**, v. 127, p. 324–333, 2001.

KORB, J.; ROUX, E.A.; LENZ, M., Proximate factors influencing soldier development in the basal termite *Cryptotermes secundus* (Hill). **Insectes Sociaux** v. 50, p. 299–303, 2003.

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, p. 2704, 2013.

KRISHNA, K.; WEESNER, F. M. **Biology of termites**. Academic Press, New York, v. 1, 1969, p. 598.

MASCHWITZ, U. Old and new chemical weapons in ants. **Proc. Symp. IUSSI (Dijon)**, p. 41-45, 1975.

MASCHWITZ, U.; MASCHWITZ, E. Platzende Arbeiterinnen: Eine neue Art der Feindabwehr bei sozialen Hautflüglern. **Oecologia** Berlin v. 14, p. 289–294, 1974.

MATHEWS, A.G.A. **Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil**. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, p. 267, 1977.

MILL, A. E. Faunal studies on termites (Isoptera) and observations on their ant predators (Hymenoptera: Formicidae) in the amazon basin. **Revista Brasileira de Entomologia**, n. 26, p. 253-260, 1982.

- MILL, A.E. Exploding termites an unusual defensive behaviour. **Entomologist's Monthly Magazine**, v.120, p.179-183, 1984.
- NOIROT, C. Recherches sur le polymorphisme des termites supérieurs (Termitidae). *Annales des Sciences Naturelles*, série 11, **Zoologie et Biologie Animale**, v. 17, p. 399-595, 1955.
- NOIROT, C. Glands and secretions. In: Krishna, K., Weesner, F.M. (Eds.), **Biology of Termites**, vol. I. Academic Press, New York, 1969, p. 89–123.
- NOIROT, C. The Nests of Termites. In: Krishna, K., Weesner, F.M. (Eds.), **Biology of Termites**, vol. II. Academic Press, New York, 1970, p. 73–125.
- NOIROT, C.; DARLINGTON, J.P.E.C., Termite nests: architecture, regulation and defence. In: Abe, T., Bignell, D.E., Higashi, M. (Eds.), **Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology**. Kluwer Academic Publishers, London, 2000, p. 121–139.
- POLIZZI, J.M.; B.T. FORSCHLER. Intra- and interspecific agonism in *Reticulitermes flavipes* (Kollar) and *R. virginicus* (Banks) and effects of arena and group size in laboratory assays. **Insectes Sociaux** 45: 43-49, 1998.
- PRESTWICH, G. D. Defense mechanisms of termites. **Annual Review of Entomology**. v.29, p. 201-232, 1984.
- PRESTWICH, G.D.; COLLINS, M.S. Chemical defense secretions of the termite soldiers of *Acorhinotermes* and *Rhinotermes* (Isoptera, Rhinotermitinae): ketones, vinyl ketones, and b-ketoaldehydes derived from fatty acids. **Journal of Chemical Ecology**, v. 8, p. 147–161, 1982.
- PRESTES, A.C.; CUNHA, H.F. Interações entre cupins (Isoptera) e formigas (Hymenoptera) co-habitantes em cupinzeiros epígeos. **Revista de Biotecnologia e Ciência**, v. 1, n. 1, p. 50–60, 2011.
- QUENNEDEY, A., Morphology and ultrastructure of termite defense glands. In: Hermann, H.R. (Ed.), **Defensive Mechanisms in Social Insects**. Praeger, New York, 1984, p. 151–200.

ROISIN, Y, et al. Systemes polycaliques chez *Nasutitermes princeps* (Desneux). **Insecta Socialia**. v. 38, p. 123-132, 1986.

SANDS, W. A. The soldierless termites of Africa (Isoptera: Termitidae). **Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology Supplement**, v.18, p.1-244, 1972.

SANDS, W. A. Agonistic behavior of African soldierless Apicotermitinae (Isoptera, Termitidae). **Sociobiology**, v.7, p.12-17, 1982.

ŠOBOTNÍK, J. et al. Explosive backpacks in old termites workers. **Science**, v. 337, p. 436, 2012.

ŠOBOTNÍK, J.; HANUS, R.; JIROŠOVÁ, A. Chemical warfare in termites. **Journal of Insect Physiology**, v. 56, p.1012–1021, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022191010000570>> Acesso em: 07 de novembro de 2014.

STUART, A.M. Social behavior and communication. In: Krishna K, Weesner FM (eds) **Biology of termites**, vol. I Academic, New York, 1969, p. 193-232.

THORNE, B.L. Termite-termite interactions: workers as an agonistic caste. **Psyche** v. 89, p. 133–150, 1982.

THORNE, B.L.; BREISCH, N.L.; MUSCEDERE, M.L. Evolution of eusociality and the soldier caste in termites: influence of intraspecific competition and accelerated inheritance. **Proceedings of the National Academy of Sciences** v. 100, p.12808–12813, 2003. Disponível em: < <http://www.pnas.org/content/100/22/12808>> Acesso em: 21 out. 2014.

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

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

WILLIAMS, R. M. C. Colony development in *Cubitermes ugandensis* Fuller (Isoptera: Termitidae). **Insectes Socialia**, v. 6, p. 291-304, 1959.