



RAQUEL LUIZA DE CARVALHO

**REPELÊNCIA DE SECREÇÕES DAS
GLÂNDULAS PIGIDIAIS DO BESOURO
ROLADOR *Canthon smaragdulus*
(SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE) SOBRE
A FORMIGA *Tapinoma melanocephalum*
(FORMICIDAE: DOLICHODERINAE)**

LAVRAS-MG

2016

RAQUEL LUIZA DE CARVALHO

**REPELÊNCIA DE SECREÇÕES DAS GLÂNDULAS PIGIDIAIS DO
BESOURO ROLADOR *Canthon smaragdulus* (SCARABAEIDAE:
SCARABAEINAE) SOBRE A FORMIGA *Tapinoma melanocephalum*
(FORMICIDAE: DOLICHODERINAE)**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia, para a obtenção do
título de Mestre.

Orientador

Dr. Júlio Louzada

Co-orientadores:

Dr. Nicolas Châline; Dra. Ronara Souza Ferreira

LAVRAS-MG

2016

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Carvalho, Raquel Luiza de.

Repelência de secreções das glândulas pigidiaias do besouro rolador *Canthon smaragdulus* (Scarabaeidae: Scarabeinae) sobre a formiga *Tapinoma melanocephalum* (Formicidae: Dolichoderinae) / Raquel Luiza de Carvalho. – Lavras : UFLA, 2016.

53 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de Lavras, 2016.

Orientador(a): Julio Neil Cassa Louzada.

Bibliografia.

1. Secreções Pigidiaias. 2. Repelente. 3. Besouro rola-bosta. 4. Formiga fantasma. 5. Praga Urbana. I. Universidade Federal de Lavras

RAQUEL LUIZA DE CARVALHO

**REPELÊNCIA DE SECREÇÕES DAS GLÂNDULAS PIGIDIAIS DO
BESOURO ROLADOR *Canthon smaragdulus* (SCARABAEIDAE:
SCARABAEINAE) SOBRE A FORMIGA *Tapinoma melanocephalum*
(FORMICIDAE: DOLICHODERINAE)**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia, para a obtenção do
título de Mestre.

APROVADA em 22 de fevereiro de 2016.

Dra. Letícia Maria Vieira UFSJ

Dra. Maria Fernanda Gomes Villalba Peñaflor UFLA

Dr. Júlio Louzada

Orientador

Dr. Nicolas Châline; Dra. Ronara Souza Ferreira

Co-orientadores

LAVRAS-MG

2016

A minha mãe, eu jamais chegaria aqui sem você,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Jesus por sempre guiar os meus passos, tornando meus sonhos possíveis. Agradeço a minha mãe que sempre acreditou em mim e pelo seu esforço. A meu pai pelos ensinamentos e amor. A minha irmã pela amizade e apoio. Ao meu orientador, professor Júlio Louzada, por ter me recebido tão bem em seu laboratório e ter me tornado uma “rola-bosteira”. Aos meus co-orientadores Nicolas Châline e Ronara Souza Ferreira por toda confiança, suporte, ideias, críticas e sugestões, e por terem me mostrado o “comportamento”. Agradeço pela orientação nos últimos dois anos. Essa dissertação jamais seria possível sem o apoio e atenção de vocês. Esse trabalho também não seria possível se não fosse à ajuda da Paula e do Julius, agradeço por toda ajuda e paciência. Ao Diego pelo carinho, amor, amizade, paciência e compreensão de cada dia. A Mariana e Laís, minhas irmãs de coração, pela amizade e companheirismo. Lavras não seria a mesma se não existisse vocês. A Lívia Audino que considero como exemplo de profissional e amiga, que me espelho desde o dia que a conheci. É hoje Victor, agradeço pela sua amizade e alegria de todos os dias (ou quase todos, rsrs). A Amanda pelas conversas e amizade. Ao Laboratório de Ecologia de Invertebrados, os “rola-bosteiros”, aprendi e cresci muito através de nossa convivência. Obrigado pela amizade e por fazerem de minha vida profissional algo melhor! Vou sentir muita falta de vocês. Agradeço o Filipe pelas opiniões nos meus trabalhos. À UFLA, e em especial e ao Programa de Pós Graduação em Entomologia pela oportunidade e atenção. À CAPES pela concessão de bolsa de mestrado. Ao PERD e ao IEF por todo apoio logístico e permissão de coletas. Finalmente, agradeço a todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização desta pesquisa. Deixo a todos o meu sincero muito obrigada.

RESUMO

Os repelentes químicos de insetos têm uma importante função no controle de pragas. Estes produtos são de grande interesse, porque apresentam baixa toxicidade ao ambiente e ao homem (ao contrário dos inseticidas). Nos últimos anos, o número de pesquisas para desenvolver repelentes químicos tem aumentado. Testes para entender como os repelentes químicos alteram o comportamento dos insetos são muito importantes. A formiga *Tapinoma melanocephalum* é considerada uma importante praga urbana, por causar muitos danos econômicos, além de transmitir doenças. O besouro rolagador *C. smaragdulus* faz bolas de recursos, e a impregna ativamente com secreções pigidiais, que apresenta função defensiva contra formigas predadoras de besouros. Nesse contexto, nós investigamos uma possível repelência de secreções pigidiais de machos e fêmeas do besouro *C. smaragdulus* (Coleoptera:Scarabaeinae) sobre *T. melanocephalum*, e se uma maior quantidade de secreções pigidiais de machos dos besouros apresentam um efeito maior sobre o comportamento da formiga. Para explorar as mudanças comportamentais associadas com essas secreções, nós coletamos secreções pigidiais de besouros rola bosta e conduzimos testes em uma arena. Indivíduos de *T. melanocephalum* foram colocados no centro da arena e seu comportamento foi analisado no programa Ethovision 7.0 (Noldus). Nossos resultados demonstraram que as secreções pigidiais de besouros rola bosta apresentam repelência a *T. melanocephalum* e que as secreções pigidiais de fêmeas de *C. smaragdulus*, tem um efeito de repelência maior sobre as formigas. E quanto maior a quantidade de secreções pigidiais de machos de *C. smaragdulus*, mais o comportamento de *T. melanocephalum* é alterado. Isso demonstra que os besouros rola bosta tem desenvolvido secreções pigidiais com algum potencial biológico contra as espécies que utilizam o mesmo recurso. Por isso, é interessante conduzir experimentos para avaliar o efeito dessas secreções sobre o recrutamento da formiga *T. melanocephalum* no nível colonial.

Palavras-chave: Secreções Pigidiais. Repelente. Besouro rola-bosta. Formiga fantasma. Praga Urbana.

ABSTRACT

Chemical repellents of insects play an important role in pest control. These products are of high interest because unlike insecticides they generally exhibit low toxicity for the environment or humans. In recent years the number of research to develop chemical repellents has therefore increased. Validating meaningful tests to understand how chemical repellents change the behavior of target insects is of paramount importance. The ant *Tapinoma melanocephalum* is considered a significant urban pest that causes many economic losses, in addition to transmitting disease. The dung roller beetles *C. smaragdulus* makes resources balls, and the impregnate with pygidial gland secretions, that exhibit defensive functions against predator ants. In this context, we investigated the possible repellency of pygidium secretions of males and females of the dung beetle *C. smaragdulus* (Coleoptera: Scarabaeinae) on *T. melanocephalum*, and if a larger amount of pygidial secretions of the male beetles present a larger effect on ant behavior. To explore behavioral modifications associated with the secretions, we collected pygidial secretions of dung beetles and conducted repellency tests in an arena. *T. melanocephalum* workers were placed in the center of the arena and their behavior were analyzed blindly with Ethovision 7.0 (Noldus). Our results thus suggest that dung beetle pygidial secretions presents a potential repellency to the ants and that female secretions of *C. smaragdulus* may have a higher repellency effect on the ants and how much the amount of male pygidial secretions of *C. smaragdulus* more behavior of the pest ant was change. Dung beetles have developed pygidial secretions with some biological potential against the species that can use the same resources. It would be interesting to conduct more experiments to assess the effect of pygidial secretions on recruitment ant *T. melanocephalum* at the collective level.

Keywords: Pygidial secretions. Repellent. Dung beetles. Ghost Ant. Urban Pest.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Principais tipos de glândulas encontradas em besouros Scarabaeinae.....19
- Figura 2 Valores médios da distância percorrida e do tempo de permanência de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* expostos às secreções pigidiais de *C. smaragdulus* nos três tratamentos.....33
- Figura 3 Valores médios da velocidade média e do tempo de permanência parado de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* expostos às secreções pigidiais de *C. smaragdulus* nos três tratamentos.....35
- Figura 4 Valores médios da distância percorrida e da velocidade máxima de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* expostos às secreções pigidiais de *C. smaragdulus* nos três tratamentos *C. smaragdulus* nos três tratamentos (1 μ L, 2 μ L e 4 μ L).....38

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Correlação entre as variáveis mensuradas no teste de repelência de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* quando expostos às secreções pigidiais de machos e/ou fêmeas do besouro *C. smaragdulus*.....31
- Tabela 2 Correlação entre as variáveis do comportamento locomotor de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* quando expostos a diferentes quantidades de secreções pigidiais de machos *C. smaragdulus* nos três tratamentos (1 μ L, 2 μ L e 4 μ L).....36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Besouros rola-bosta	15
2.2	Estratégias de alocação do recurso	15
2.2	Pressões seletivas que induzem o desenvolvimento de defesas químicas em besouros rola-bosta	17
2.4	Glândulas em besouros rola-bosta (Scarabaeinae)	17
2.5	Formigas urbanas	19
2.6	<i>Tapinoma melanocephalum</i>	20
2.7	Inseticidas e repelentes	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	Organismos estudados	24
3.2	Coleta e criação de <i>Canthon smaragdulus</i>	24
3.3	Coleta e criação de <i>Tapinoma melanocephalum</i>	25
3.4	Extração e coleta das secreções pigidiais de <i>C. smaragdulus</i>	26
3.5	Avaliação da repelência e do comportamento locomotor de indivíduos da formiga <i>T. melanocephalum</i> quando expostos as secreções pigidiais de <i>C. smaragdulus</i>	27
3.6	Bioensaios	27
3.7	Análises estatísticas	29
4	RESULTADOS	31
5	DISCUSSÃO	39
6	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

As formigas (Hymenoptera: Formicidae) estão presentes em todos os biomas terrestres (WILSON, 1997), com exceção dos polos, e são dominantes numericamente na maioria dos ecossistemas terrestres. Os ambientes urbanos também podem ser colonizados e explorados por várias espécies de formigas. Muitas destas espécies que vivem em associação com o homem em ambientes urbanos foram disseminadas mundialmente através do comércio e navegação (HOLLDOBLE; WILSON, 1990).

Uma das espécies de formigas urbanas mais relevantes no Brasil e no mundo é a formiga fantasma *Tapinoma melanocephalum* (ver exemplos em DELABIE; NASCIMENTO; CASIMIRO, 1995; DEYRUP; DAVIS; COVER, 2000; FOWLER; BUENO, 1995; THOMPSON, 1990) que provavelmente é de origem africana (SMITH, 1965). Essa espécie é considerada uma das mais importantes pragas urbanas, por ser capaz de invadir residências e hospitais (LEE, 2002), e por conseguir transportar patógenos causadores de doenças humanas (FOWLER et al., 1993; MOREIRA, 2005). Apesar dessa espécie causar muitos danos econômicos, não existem informações sobre agentes de controle (predadores, parasitas ou parasitoides) que ataquem *T. melanocephalum* (HARRIS et al., 2005) ou substâncias repelentes, tanto sintéticas quanto naturais.

Embora alguns métodos de controle químicos sejam empregados contra formigas urbanas, eles geralmente são ineficientes, pois as colônias são normalmente encontradas em locais de difícil acesso e tendem a migrar quando submetidas a condições desfavoráveis (GREEN et al., 1954). Além disso, a utilização destes métodos geram resíduos que causam sérios problemas ao meio ambiente e à saúde pública (DOGGETT et al., 2012; HAYNES; POTTER, 2013), além da seleção de populações resistentes dos insetos praga. Muitos métodos químicos têm sido sintetizados a partir de substâncias produzidas por organismos que tem contato direto ou indireto

com as formigas na natureza. Por exemplo, para o controle de algumas espécies do gênero *Atta*, tem se utilizado o feromônio de trilha, utilizado pelas próprias formigas para localizarem a trilha, como componente em iscas formicidas (CROSS et al., 1979; ROBINSON et al., 1982).

Um inseto que pode ter potencial para a produção de substâncias repelentes para as formigas urbanas são os besouros rola-bosta (Scarabaeidae: Scarabaeinae). Isso acontece por causa das formigas competirem por recursos alimentares com esses besouros, pois elas se alimentam de resíduos de animais (fezes, insetos mortos, carcaças, e material vegetal em decomposição) (CARROLL; JANZEN, 1973), assim como os besouros roladores (HALFFTER; MATTHEWS, 1966). Porém, como estes recursos não apresentam previsibilidade de surgimento no espaço e no tempo, eles tornam-se efêmeros no ambiente, favorecendo assim uma grande pressão competitiva entre os organismos que os utilizam (HALFFTER, 1977). Por isso, os besouros rola-bosta da guilda dos roladores alocam uma porção do recurso, formando uma bola que é rolada a uma distância da fonte primária (HALFFTER; EDMONDS, 1982). Esta estratégia evita a competição com outras espécies de besouros e também com outros animais (HANSKI; CAMBEFORT, 1991), porém os tornam mais vulneráveis a predação (HALFFTER; EDMONDS, 1982).

Durante a rolagem da bola de recurso, os besouros exercem um contato frequente do pigídio com a mesma. Os besouros roladores têm glândulas exócrinas em cada lado do pigídio, de onde secreções são liberadas ativamente enquanto o recurso é alocado. Estas secreções tem função defensiva contra fungos e bactérias (CORTEZ; FAVILA, 2007; FAVILA; DÍAZ, 1996; FAVILA, 2001), moscas detritívoras (BÁLLAN, 2015; BELLÉS; FÁVILA, 1984) e contra formigas predadoras de besouros (CORTEZ et al., 2012). Cortez et al., (2012) descrevem que a formiga *Camponotus sericeiventris*, após terem um contato das suas antenas com os besouros roladores *Canthon cyanellus cyanellus* e *Canthon femoralis*

femoralis adotaram um comportamento de alarme, com o gáster dobrado e as mandíbulas abertas. Por outro lado, os besouros que tiveram as glândulas pigidiais tampadas experimentalmente, ficaram sujeitos a agressões das formigas, que chegaram a cortar as pernas e outras extremidades dos besouros.

A necessidade do controle de insetos pragas em áreas urbanas tem motivado pesquisadores a buscarem alternativas de controle mais seletivas, porém menos agressivas ao homem e ao ambiente (KIM et al., 2003). Nos últimos anos, muitos estudos têm demonstrado que secreções de artrópodes (BLUM, 1981), em particular secreções pigidiais (GASCH et al., 2013; GASCH; VILCINKAS, 2014), são fontes potenciais para a síntese de repelentes. Por isso, os besouros podem ter potencial para produzir substâncias repelentes para as formigas, que não gere resíduos tóxicos no ambiente (alimentos, água e solo) (SPADOTTO, 2002).

Diante disso, o presente trabalho foi realizado com os objetivos de (1) avaliar a repelência das secreções pigidiais de machos e/ou fêmeas do besouro *C. smaragdulus* em indivíduos da formiga *T. melanocephalum* e (2) avaliar o comportamento locomotor de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* quando expostos a diferentes quantidades de secreções pigidiais de machos do besouro *C. smaragdulus* em uma arena experimental. As hipóteses testadas foram:

-H1: Arenas impregnadas experimentalmente com secreções pigidiais de machos de *C. smaragdulus*, irão repelir mais os indivíduos da formiga *T. melanocephalum* do que arenas impregnadas com secreções pigidiais de fêmeas.

-H2: Arenas impregnadas experimentalmente com maiores quantidades de secreções pigidiais de machos de *C. smaragdulus* irão alterar mais o comportamento locomotor de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* do que arenas impregnadas com menores quantidades de secreções pigidiais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae)

A subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) compreende cerca de 7.000 espécies de besouros (SCHOOLMEESTERS et al., 2010) distribuídas principalmente nas regiões tropicais do planeta (HALFFTER; MATTHEWS, 1966; HANSKI; CAMBEFORT, 1991). No Brasil ocorrem mais de 700 espécies, pertencentes a seis tribos (Ateuchini, Canthonini, Coprini, Eurysternini, Onthophagini e Phanaeini) (VAZ-DE-MELLO, 2011).

Os besouros dessa subfamília apresentam comportamento alimentar bastante variado, mas grande parte das espécies apresenta hábito coprófago (HALFFTER; MATTHEWS, 1966). Alguns grupos de escarabeíneos apresentam o comportamento de rolar bolos fecais e devido a esse hábito eles são comumente chamados de besouros “rola-bosta”. Apesar da grande maioria deles ser coprófaga, existem exceções, em que algumas espécies se alimentam de carcaças, de fungos e frutos em decomposição, de restos vegetais em decomposição, além de algumas espécies serem predadoras de diplópodes, foréticas de caramujos ou generalistas (HALFFTER; MATTHEWS, 1966).

2.2 Estratégias de alocação de recursos

Os recursos alimentares dos besouros rola-bosta são nutricionalmente ricos e armazenam grandes quantidades de energia (HANSKI, 1987; HANSKI; CAMBEFORT, 1991). Entretanto, estes recursos não apresentam previsibilidade temporal e espacial de aparecimento, sendo considerado um recurso efêmero no ambiente por perder rapidamente suas características nutritivas. Isso favorece uma forte competição intra e interespecífica entre os organismos que os utilizam (HANSKI; CAMBEFORT, 1991). Uma resposta adaptativa de parte dos Scarabaeinae a essa pressão competitiva é a alocação de uma porção do

recurso para um local distante da fonte original, evitando a competição com outras espécies de besouros ou com outros animais (HANSKI; CAMBEFORT, 1991).

As espécies de Scarabaeinae podem ser agrupadas em guildas funcionais relacionadas com a estratégia de alocação dos recursos alimentares (HANSKI; CAMBEFORT, 1991). São observadas as seguintes estratégias de alocação de recursos nestes besouros:

- a) Telecoprídeos (roladores): apresentam o hábito de confeccionar bolas de recursos que são roladas de poucos centímetros até alguns metros da fonte de recurso original, onde são enterradas ou deixadas sobre o solo. Os besouros roladores, ao rolaem as bolas de recurso apoiam as pernas médias e posteriores sobre a mesma, impulsionando o solo com as pernas anteriores (HALFFTER; EDMONDS, 1982), isso leva a um contato frequente da bola com a região abdominal e pigidial.
- b) Paracoprídeos (escavadores): possuem o hábito de escavar túneis imediatamente abaixo ou nas proximidades do depósito de recurso alimentar. Os recursos alimentares que serão utilizados para reprodução e/ou alimentação são levados para o interior desses túneis. A velocidade com que o indivíduo escava os túneis é de fundamental importância para garantir sua parte dos recursos alimentares (HANSKI; CAMBEFORT, 1991).
- c) Endocoprídeos (residentes): são aqueles besouros que apresentam o hábito de viver dentro ou imediatamente abaixo dos recursos, sem alocá-los para outros lugares longe da fonte de recursos (HALFFTER; EDMONDS, 1982). Os adultos se alimentam diretamente dos depósitos de recurso, e pode ocorrer a confecção de bolas e aglomerações de recursos, dentro do próprio recurso, durante a reprodução (LOUZADA, 2008).

2.3 Pressões seletivas que induzem o desenvolvimento de defesas químicas em besouros rola-dores

Algumas espécies de Scarabaeinae rola-dores confeccionam uma bola com um pedaço do recurso, que é rola-da a uma distância da fonte primária (HALFFTER; EDMONDS, 1982). Essa estratégia garante a monopolização de uma quantidade de recurso que permitirá sua alimentação e reprodução, além da alimentação de seus filhotes. No entanto, essa estratégia tem um custo alto, pois ao rola-rem a bola no solo, o recurso é contaminado por fungos e bactérias nele presentes (FAVILA, 2001), além de tornar os besouros mais vulneráveis a predadores e competidores (HALFFTER; EDMONDS, 1982). A resposta evolutiva dos besouros rola-dores a essas pressões seletivas por parte de parasitas, predadores e/ou competidores foi o desenvolvimento de mecanismos químicos de defesa (FAVILA, 2001). Tanto que os besouros rola-dores apresentam uma diversidade de glândulas exócrinas que não estão presentes nos besouros escavadores (PLUOT-SIGWALT, 1991).

2.4 Glândulas em besouros rola-dores (Scarabaeinae)

Os besouros rola-dores, ao rola-rem as bolas de recurso, apoiam as pernas medianas e posteriores sobre a bola, e apoiam as pernas anteriores no solo. Esse movimento produz um contato frequente do recurso com a região abdominal e pigidial do inseto, impregnando com secreções provenientes dessas glândulas (FAVILA; DIAZ, 1996).

A região abdominal apresenta uma diversidade de glândulas exócrinas (PLUOT-SIGWALT, 1982; 1991) (Figura 1, F e G), e a região pigidial apresenta um par de glândulas exócrinas de cada lado do pigídio, que liberam substâncias muito voláteis e de odor forte (CORTEZ et al., 2012; PLUOT-SIGWALT, 1988) (Figura 1H). As bolas de recurso são impregnadas com secreções dessas glândulas e aparentemente tem função

defensiva contra fungos e bactérias (CORTEZ; FAVILA, 2007; FAVILA; DÍAZ, 1996; FAVILA, 2001), moscas detritívoras (HANSKI, 1987) e formigas predadoras (CORTEZ et al., 2012). As bolas de recursos impregnadas por secreções pigidiaias não são atacadas por fungos, devido a essas secreções apresentarem algum inibidor fúngico (PLUOT-SIGWALT, 1988; 1991). Já as bolas de recurso que não são impregnadas por secreções pigidiaias, são atacadas por estes parasitas (FAVILA; DÍAZ, 1996).

Vários autores mostraram que, quando os besouros chegam primeiro à fonte de recurso, as moscas não entram em contato com o recurso (BORNEMIZA, 1970; HALFFTER; EDMONDS, 1982; HANSKI; CAMBEFORT, 1991). As bolas de alimentos roladas por machos de *C. c. cyanellus* foram rejeitadas por larvas de moscas do gênero *Calliphora*, porém, as bolas de alimento que foram roladas por machos que tiveram o canal secretor das glândulas pigidiaias e abdominais tampados com cera não foram rejeitadas (BELLES; FAVILA, 1983).

Em um outro experimento as formigas predadoras *Camponotus sericeiventris* após contato das suas antenas com secreções pigidiaias de *C. c. cyanellus* e *C. f. femoralis* adotaram um comportamento de alarme, recurvando seu gáster. No entanto, os besouros que tiveram as glândulas pigidiaias experimentalmente tampadas, ficaram sujeitos a agressões pelas formigas, chegando a ter seus apêndices e outras extremidades cortadas (CORTEZ et al., 2012).

De acordo com Pluot-Sigwalt (1986), os besouros Scarabaeinae também possuem glândulas que estão dispersas pelo tegumento (Figura 1, A-D) e glândulas marginais localizadas nas margens do corpo. As glândulas de Scarabaeinae são constituídas por canalículos que estão dispersos por todo o corpo dos Scarabaeinae e são formados por três partes: canal condutor; canal receptor intercalar e canal receptor terminal.

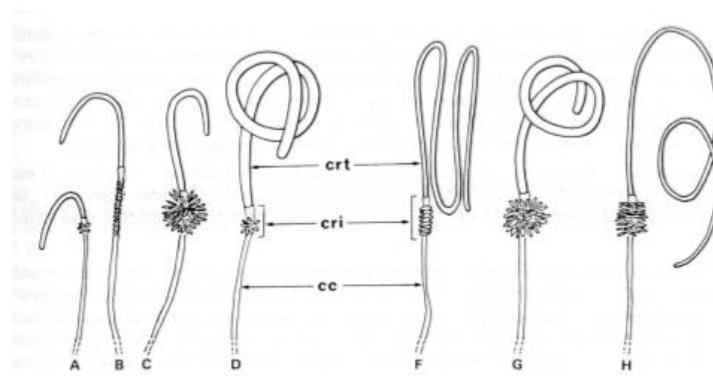


Figura 1 Principais tipos de glândulas encontradas em besouros Scarabaeinae A-D: Glândulas dispersas no tegumento; F: Glândulas abdominais de fêmeas; G: Glândulas abdominais de machos; H: Glândulas pigidiais. (cc: canal condutor; cri: canal receptor intercalar; crt: canal receptor terminal) Fonte: Annales de la Société Entomologique de France, Pluot-Sigwalt (1986)

2.5 Formigas urbanas

As formigas (Hymenoptera: Formicidae) estão presentes em todos os biomas terrestres (WILSON, 1997), com exceção dos polos e são dominantes na maioria dos ecossistemas terrestres. Em ambientes urbanos as formigas são consideradas uma das mais importantes pragas urbanas (BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999), por invadirem residências e hospitais (DELABIE; NASCIMENTO; CASIMIRO, 1995; SOARES et al., 2006) e por transmitirem patógenos causadores de doenças humanas (FOWLER et al., 1993). Muitas destas espécies que vivem em associação com o homem, foram disseminadas por todo o mundo através do comércio e navegação (HOLLOBLER; WILSON, 1990).

Nos habitats urbanos da América do Sul, América Central e ilhas do Caribe, estão catalogados vinte gêneros e pelo menos setenta espécies de formigas (ULLOA-CHACÓN, 2003). Dentre elas estão quinze espécies de *Pheidole*, treze de *Camponotus*, oito de *Solenopsis* e seis de *Monomorium* (ULLOA-CHACÓN, 2003).

As formigas urbanas mais relevantes no Brasil, entre as espécies nativas são *Paratrechina fulva*, *Wasmannia auropunctata*, *Linepithema humile*, *Camponotus spp.*, *Crematogaster spp.*, *Solenopsis spp.*, *Pheidole spp.* (ULLOA-CHACÓN, 2003) e *Brachymyrmex spp.* As principais espécies exóticas são *Tapinoma melanocephalum*, *Paratrechina longicornis*, *Monomorium pharaonis* e *Pheidole megacephala*.

Entre as características das espécies que predominam em ambientes urbanos, destacam-se: 1) tamanho reduzido, permitindo a exploração de pequenos espaços e facilitando a nidificação (FOWLER; BUENO, 1995); 2) recrutamento rápido de operárias para explorar uma fonte de alimento (FOWLER; BUENO, 1995); 3) mudança frequente do local do ninho frente a alguma perturbação à colônia, mas também para aumentar a área de forrageamento; 4) poliginia (presença de várias rainhas em uma mesma colônia e ausência de agressão entre elas); 5) rainhas são constantemente renovadas; 6) populações unicoloniais, com ausência de comportamento agressivo entre indivíduos da mesma espécie, pertencente a ninhos diferentes, dentro de uma mesma área; 7) reprodução por sociotomia, ou fragmentação de colônias em muitos indivíduos (BUENO; SILVERMAN, 2005; HOLLDOBLER; WILSON, 1990).

2.6 *Tapinoma melanocephalum*

O gênero *Tapinoma*, de distribuição mundial, possui 95 espécies descritas, sendo 21 na Região Neotropical (CUEZZO, 2003). A formiga *Tapinoma melanocephalum*, também conhecida como “formiga fantasma” (NAUMANN, 1993), pertence à família Formicidae e a subfamília Dolichoderinae. As operárias forrageiam em muitos alimentos domésticos, principalmente os alimentos açucarados. Elas também se alimentam de insetos vivos e mortos (SMITH, 1965). Quando as operárias saem para forragear e encontram uma fonte alimentar, elas recrutam rapidamente um grande número de operárias (LEE, 2002). Elas também possuem uma

estratégia de rápida utilização do recurso, por serem frequentemente substituídas por outras espécies de formigas dominantes (CLARK et al., 1982).

Tapinoma melanocephalum é uma espécie poligínica e apresenta estrutura social unicolonial. As colônias podem ter grandes números de indivíduos (SMITH, 1965). Essa espécie é especialista em distúrbios (FOWLER; SCHLINDWEIN; MEDEIROS, 1994) por ser altamente adaptável na ocupação de habitats que tenha algum tipo de perturbação. Isso a permite estabelecer colônias antes de outras espécies que são comportamentalmente dominantes (HARRIS et al., 2005). Os seus ninhos são frequentemente feitos em habitats temporários e instáveis como caules de plantas, grama seca e outros detritos (PASSERA, 1994).

Essa espécie é considerada uma das mais importantes pragas que infestam as casas na Flórida (DEYRUP; DAVIS; COVER, 2000; SMITH, 1965; THOMPSON, 1990) e também no sul (DELABIE; NASCIMENTO; CASIMIRO, 1995) e sudeste do Brasil (FOWLER; BUENO, 1995), por ser capaz de infestar cozinhas residenciais e estabelecimentos comerciais de alimentos em grandes números (LEE, 2002). Algumas pessoas, quando em contato com esta formiga, podem sofrer irritação na pele (COLLINGWOOD; TIGAR; AGOSTI, 1997). Ela também pode transmitir doenças, por ser capaz de transportar micróbios patogênicos de sete tipos de bactérias, por exemplo, *Enterobacter cloacae* e *Staphylococcus* sp (COLLINGWOOD; TIGAR; AGOSTI, 1997). Apesar dessa espécie causar muitos danos econômicos, não existe um método eficaz para o controle dessa espécie praga (LEE, 2002).

2.7 Inseticidas e repelentes

O uso incorreto e indiscriminado de inseticidas pode levar ao acúmulo de resíduos tóxicos no ambiente (alimentos, água e solo),

colocando em risco a saúde dos consumidores e dos próprios agricultores e de animais domésticos (SPADOTTO, 2002).

Os métodos convencionais utilizados para o controle de formigas, como inseticidas em forma de pós ou aerossóis não são recomendados, pois as colônias normalmente são encontradas em locais de difícil acesso e migram quando ocorre alguma perturbação na colônia (GREEN et al., 1954). Vários problemas são ocasionados pelo uso indiscriminado dos produtos químicos, como a seleção de populações resistentes e o surgimento de novos insetos-praga; paralelamente, surge uma grande preocupação por parte da população com a qualidade dos alimentos consumidos.

A necessidade de controle de pragas em áreas urbanas tem motivado pesquisadores a buscarem alternativas de controle mais seletivos, porém menos agressivas ao homem e ao ambiente (KIM et al., 2003). Dentre essas alternativas, destaca-se a utilização de repelentes químicos (GILLIJ; GLEISER; ZYGADLO, 2008; JAENSON; PALSSON; BROG-KARLSON, 2005), a base de aleloquímicos extraídos de plantas (JACOBSON, 1989; LIU et al., 2014; SUKONTASON et al., 2004) ou de secreções de artrópodes (BLUM, 1981), em especial secreções pigidiais (GASH et al., 2013).

O repelente ideal segundo Brown & Herbert (1997), contém as seguintes características: a) tempo prolongado de ação; b) eficiência frente a diversas espécies de artrópodes; c) volatilidade suficiente para que a substância volátil não se dissipe em pouco tempo; d) que não cause irritação à pele e membranas mucosas, e que possua odor agradável e/ou ser inodoro, e) que não cause danos às roupas. Entretanto, até o momento, não existe nenhum repelente que atenda a todos estes requisitos (PADILHA, 2002).

Os repelentes de insetos podem ser divididos em três classes de substâncias: as de origem sintética, os derivados de produtos naturais, e os que associam substâncias sintéticas e naturais (TUETUM et al., 2005). Dentre os principais, podemos destacar:

- a) Origem sintética: O repelente mais conhecido e utilizado é o N,N-dietil-3-metilbenzamida (DEET). Embora esteja no mercado há mais de 40 anos, este produto pode causar efeitos tóxicos em crianças e gestantes (THAVARA et al., 2001). A utilização de altas doses de DEET no corpo pode causar reações adversas como irritação dérmica, urticária e dermatite. Isso é devido ao DEET ser facilmente absorvido pela pele (FRADIN, 1998; FRADIN, 2002).
- b) Produtos naturais: Os repelentes naturais a base de citronela, andiroba e óleo de cravo, dentre outros, não possuem comprovação de eficácia pela Anvisa até o momento (ANVISA, 2015).
- c) Substâncias sintéticas e naturais: Os produtos que se encontram atualmente regularizados na Anvisa com os componentes: citronela, andiroba e óleo de cravo possuem sempre outra substância como princípio ativo (ANVISA, 2015). O óleo de citronela é uma das substâncias mais utilizadas em formulações de repelentes de insetos (BROWN; HERBERT, 1997).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Organismos estudados

Canthon smaragdulus (FABRICIUS, 1781) é um besouro rolator copronecrófago, que é muito ativo na superfície do solo durante o dia. Os machos apresentam um comportamento mais ativo que as fêmeas durante a rolagem da bola, impregnando o recurso com secreções provenientes das glândulas abdominais e pigidiais (CARVALHO, observação pessoal). Essa espécie parece estar associada com florestas bem conservadas (IUCN, 2016).

A formiga *T. melanocephalum*, também conhecida como “formiga fantasma”, é considerada uma das principais espécies de formiga pragas urbanas no Brasil (CAMPOS-FARINHA et al., 2002). Quando as operárias saem para forragear e encontram uma fonte alimentar, elas recrutam rapidamente um grande número de operárias (LEE, 2002). Esta espécie é especialista em distúrbios (FOWLER; SCHLINDWEIN; MEDEIROS, 1994) por ser altamente adaptável na ocupação de habitats que tenha algum tipo de perturbação.

3.2 Coleta e criação da espécie *Canthon smaragdulus*

A coleta da espécie *C. smaragdulus* foi realizada no Parque Estadual do Rio Doce (PERD) (19°48'18'' - 19°29'24'' S e 42°38'30''- 42°28'18'' W) em janeiro de 2015. Sua vegetação é considerada do tipo floresta tropical úmida e pode ser classificada como semidecidual tropical (GILHUIS, 1986). O clima é tropical quente e semi-úmido apresentando temperaturas médias entre 20°C e 22°C. O relevo é caracterizado pela presença de colinas, com topos nivelados (“mar de morros”) e altitudes variando entre 200 e 500 metros (SILVA, 2001).

Nós instalamos 25 armadilhas de captura espaçadas a 25 m uma da outra no interior da floresta. A armadilha de captura que utilizamos foi do

tipo pitfall, que é composta de uma garrafa plástica de dois litros, com a parte superior cortada em forma de funil e colocada na posição invertida dentro da parte inferior da garrafa. Um copo descartável de 50 ml, contendo 25 gramas de fezes de porco usadas como isca atrativa, foi colocado no interior do funil. No interior do pitfall, nós colocamos cerca de 80 gramas de terra e serrapilheira para acomodar os besouros coletados vivos. Após 24 horas, os besouros capturados foram retirados das armadilhas e as iscas trocadas para a realização de uma nova coleta. Foram coletados aproximadamente 1500 indivíduos, que foram mantidos em potes plásticos, preenchidos até a metade com um substrato umidificado preparado na proporção de 70% de terra e 30% de areia.

Ao final das coletas, os besouros coletados foram transferidos para o Laboratório de Ecologia e Conservação dos Invertebrados e separados por sexo de acordo com o comportamento copulatório. O estímulo inicial observado era a aproximação do macho na fêmea e em seguida se o macho montava na fêmea, e se a fêmea permanecia em uma posição favorável para que ele tentasse a cópula.

Esse comportamento copulatório é utilizado para a diferenciação de sexo em *Phanaeus daphnis* (HALFFTER; LOPEZ, 1977), porém devido à falta de critérios para diferenciação em *C. smaragdulus*, a confirmação foi feita por dissecação posterior. A presença do edeago confirmava se era macho e a ausência do edeago que era fêmea. Dessa forma, confirmamos que separar os indivíduos com base no comportamento copulatório era suficiente. A razão sexual era de três machos para uma fêmea.

Os besouros foram armazenados nos potes de acordo com o sexo (5 indivíduos por pote), onde permaneceram em condições constantes: umidade 65% \pm 10%, fotoperíodo de 12h/12h, temperatura de 29°C \pm 2°C. Eles foram alimentados com pedaços de peixe fresco uma vez por semana.

3.3 Coleta e criação da espécie *Tapinoma melanocephalum*

A coleta das formigas *T. melanocephalum* foi realizada em uma residência em área urbana na cidade de Alegre, no Espírito Santo. As formigas foram mantidas no Laboratório de Ecologia e Conservação de Invertebrados, em um ninho artificial formado por vasilha de plástico (9 x 61 x 26 cm), contendo gesso no interior. A vasilha de plástico foi coberta por um papel preto de mesmo tamanho, para que o ninho mantivesse as condições mais próximas a de ninhos naturais. Posteriormente, a vasilha foi coberta com sua própria tampa, para evitar a fuga das formigas. Cada ninho foi conectado por um tubo plástico a uma área de forrageamento do mesmo tamanho do ninho, onde as formigas foram alimentadas com mel, larvas de Tenebrionidae e água *ad libitum* duas vezes por semana. O ninho artificial continha 15 rainhas e foi transferido para a Sala de Criação do Laboratório de Ecologia e Conservação de Invertebrados, onde permaneceram em condições constantes: umidade $65\% \pm 10\%$, fotoperíodo de 12h/12h, temperatura de $29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

3.4 Extração e coleta das secreções pigidiais de *C. smaragdulus*

Os Scarabaeinae liberam as secreções das glândulas pigidiais quando perturbados ou atacados por inimigos naturais (CORTEZ et al., 2012; FAVILA, 2001). Para a extração das secreções pigidiais de *C. smaragdulus*, apenas o fato de manipular o besouro fazia com que ele liberasse as secreções. Essas foram coletadas utilizando uma micropipeta automática com ponteira graduada permitindo verificar a quantidade de secreção liberada por cada besouro, estas secreções eram utilizadas nos bioensaios, logo que coletadas, sem a necessidade de serem armazenadas. A ponteira depois de utilizada era lavada em água três vezes, para que pudesse ser reutilizada na coleta de secreções pigidiais de outros indivíduos de *C. smaragdulus*. Esse procedimento foi realizado com aproximadamente 1500 besouros para que conseguíssemos a quantidade de secreções pigidiais necessária para a realização dos bioensaios. Para determinar a polaridade das

secreções pigidiais de besouros *C. smaragdulus*, foi utilizado a metodologia proposta pelo teste de Grob (GROB; GROB; GROB, 1981).

3.5 Avaliação da repelência e do comportamento locomotor de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* quando expostos às secreções pigidiais de *C. smaragdulus*

Para avaliarmos uma possível repelência ou uma alteração do comportamento locomotor de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* quando expostos às secreções pigidiais do besouro *C. smaragdulus* utilizamos um dispositivo experimental (arena) que consistia de uma placa de Petri (60 x 15 mm), revestida por papel filtro de mesmo tamanho. Esse teste é frequentemente utilizado por fornecer medidas simultâneas de locomoção, exploração, ansiedade (BOYER et al., 2010) ou de ousadia (BROWN; BRAITHWAITE, 2004) de um indivíduo. Foi utilizado politetrafluoretileno nas laterais do dispositivo de modo a evitar a fuga das formigas durante o teste.

Cada indivíduo de *T. melanocephalum* foi testado somente uma vez, após cada teste os indivíduos eram descartados e o papel filtro substituído por um novo. Os testes duravam cinco minutos e o dispositivo era lavado com água e sabão, após cada teste, para que pudesse ser utilizado novamente. Todos os testes foram filmados durante cinco minutos por uma câmera de vídeo de alta resolução.

3.6 Bioensaios

Para avaliar um possível efeito de repelência das secreções pigidiais de *C. smaragdulus* em indivíduos da formiga *T. melanocephalum* nós realizamos três bioensaios de dupla escolha. Para tal, o dispositivo experimental (arena) foi dividido em duas metades, através de uma linha divisória no papel filtro. No primeiro bioensaio, uma das metades foi impregnada com secreções pigidiais de machos e a outra metade foi

impregnada com água (branco). No segundo bioensaio, uma das metades foi impregnada com secreções pigidiais de fêmeas e a outra metade foi impregnada com água (branco). Já o terceiro bioensaio, uma das metades foi impregnada com secreções pigidiais de machos e a outra metade foi impregnada com secreções pigidiais de fêmeas. A escolha do lado da arena a ser impregnado com secreções pigidiais de machos ou fêmeas de *C. smaragdulus* foi aleatória em todos os testes. As secreções extraídas foram misturadas com água (devido à natureza polar da secreção pigidial), seguindo a proporção de 2 μL de secreções pigidiais de *C. smaragdulus*, para 20 μL de água, a fim de formar uma solução homogênea. No tratamento controle (sem secreções pigidiais), utilizávamos 22 μL de água (branco). As amostras foram separadas em ‘eppendorfs’ com base nos tratamentos (machos, fêmeas e controle). Com o auxílio de uma micropipeta automática, metade do papel filtro do dispositivo de testes era impregnada com 22 μL de solução e a outra metade com 22 μL de uma solução diferente.

Durante os testes de repelência as variáveis respostas avaliadas em indivíduos da formiga *T. melanocephalum* foram realizadas no programa Ethovision 7.0 (Noldus). Em cada uma das metades do dispositivo experimental foram quantificados a distância percorrida, o tempo de permanência, a velocidade média, a velocidade máxima e o tempo em que os indivíduos permaneceram parados.

Para avaliar se uma maior quantidade de secreções pigidiais de *C. smaragdulus* alterava mais o comportamento locomotor de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* nós realizamos três bioensaios sem chance de escolha. Em todos os bioensaios utilizamos secreções pigidiais de machos, porém a quantidade de secreções variou (1 μL , 2 μL e 4 μL). As secreções extraídas foram misturadas com água (devido à natureza polar das secreções pigidiais); no primeiro tratamento utilizamos 1 μL de secreções pigidiais e 43 μL de água (branco); no segundo utilizamos 2 μL de secreções pigidiais e 42 μL de água (branco) e no terceiro tratamento usamos 4 μL de secreções

pigidiais e 40 μL de água (branco). As amostras foram separadas em ‘eppendorfs’ com base nos bioensaios. Com o auxílio de uma micropipeta automática, o papel filtro do dispositivo de testes era todo impregnado com 44 μL de uma solução formada por secreções pigidiaias e água (branco)

Durante os testes de avaliação do comportamento locomotor as variáveis respostas avaliadas em indivíduos da formiga *T. melanocephalum* foram realizadas no programa Ethovision 7.0 (Noldus). As variáveis quantificadas foram à distância percorrida, a velocidade média, a velocidade máxima e o tempo em que os indivíduos permaneceram parados.

Nos dois testes, após cinco minutos (tempo necessário para que a solução secasse), um indivíduo de *T. melanocephalum* era colocado no centro do dispositivo com o auxílio de um pincel. Foram realizadas 20 repetições para cada bioensaio e a ordem de execução dos bioensaios também foi aleatória.

3.7 Análises estatísticas

Correlações de Spearman foram realizadas para verificar o nível de associação entre as variáveis respostas. Foram consideradas correlacionadas, as variáveis com $R > 0.8$ e $p < 0.05$. Para determinar se arenas divididas ao meio e impregnadas com secreções pigidiaias de machos e/ou fêmeas de *C. smaragdulus* apresentam um efeito de repelência em indivíduos de *T. melanocephalum* ou se arenas impregnadas experimentalmente com diferentes quantidades de secreções pigidiaias de machos de *C. smaragdulus* alteram o comportamento locomotor de *T. melanocephalum*, foram gerados modelos lineares generalizados (GLMs), para cada variável resposta: distância percorrida, velocidade média, velocidade máxima, tempo em que o indivíduo permaneceu parado. No primeiro teste, também utilizamos o tempo de permanência em cada uma das metades do dispositivo de testes como variável resposta.

Uma vez constatada as diferenças, foram realizadas análises de contrastes de médias para verificar quais tratamentos eram diferentes em relação às variáveis respostas. Nos GLM's o ajuste da distribuição de erros dos modelos foi do tipo normal ou quasipoisson. O nível de significância para essas análises foi 0,05. Todos os GLM's foram submetidos à análise de resíduos para verificar a adequação da distribuição de erros.

4 RESULTADOS

Efeito das secreções pigidiais de *C. smaragdulus* na repelência da formiga *T. melanocephalum*

Testamos a existência de correlação entre as variáveis respostas mensuradas em indivíduos da formiga *T. melanocephalum*, porém nenhuma correlação foi encontrada, de acordo com o critério adotado ($R > 0.8$; $p < 0.5$) (Tabela 1). Por isso utilizamos todas as variáveis para as seguintes análises.

Tabela 1 Correlação entre as variáveis mensuradas no teste de repelência de indivíduos de *T. melanocephalum* quando expostos às secreções de machos e/ou fêmeas do besouro *C. smaragdulus*

Variáveis	R	P
a) Distância percorrida média vs. Velocidade média	0.38	0.01
b) Distância média vs. Velocidade máxima média	0.43	0.01
c) Distância percorrida média vs. Tempo médio de permanência parado	0.01	0.92
d) Velocidade média vs Velocidade máxima média	0.46	0.01
e) Velocidade média vs Tempo médio de permanência parado	-0.79	0.01
f) Velocidade máxima média vs Tempo médio de permanência parado	-0.07	0.41

Não foi observada diferença significativa entre a distância percorrida média ($F_{1,38} = 3.23$ e $p = 0.08$, Figura 2A) pelos indivíduos da formiga *T. melanocephalum* na metade da arena impregnada com secreções pigidiais de

machos quando comparado à outra metade da arena não impregnada. Porém, o tempo médio de permanência de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* foi maior na metade da arena não impregnada com secreções pigidiais ($F_{1,38} = 22.74$ e $p \leq 0,01$) (Figura 2B).

A distância percorrida média ($F_{1,38} = 9.75$ e $p \leq 0.01$, Figura 2C) e o tempo médio de permanência ($F_{1,38} = 70.39$ e $p \leq 0.01$, Figura 2D) de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* foram maiores na metade da arena não impregnada comparado à metade da arena impregnada com secreções de fêmeas.

Não foi observada diferença significativa entre a distância percorrida média ($F_{1,38} = 1.51$ e $p = 0.23$, Figura 2E) pelos indivíduos da formiga *T. melanocephalum* na metade da arena impregnada com secreções pigidiais de machos quando comparado à outra metade da arena impregnada com secreções de fêmeas. Porém, o tempo médio de permanência de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* foi maior na metade da arena que foi impregnada com secreções pigidiais de machos ($F_{1,38} = 8.18$ e $p \leq 0.01$, Figura 2F).

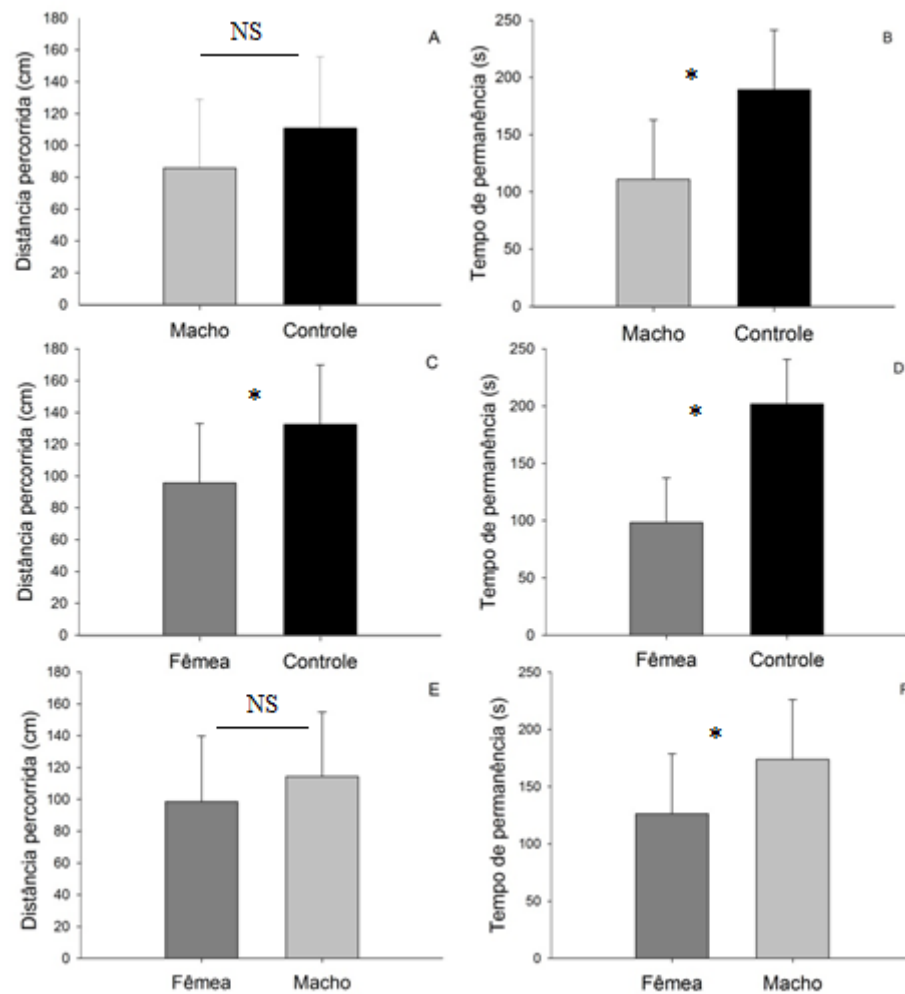


Figura 2 Médias (barras) e desvio padrão (linhas verticais) da distância percorrida e do tempo de permanência de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* expostos às secreções pigidiais de *C. smaragdulus* nos três tratamentos (A,B) secreções de machos/controle; (C,D) secreções de fêmeas/controle; (E,F) secreções de fêmeas/machos. Asterisco indica diferenças entre os tratamentos a 5% de significância, de acordo com o teste GLM

Não foi observada diferença significativa entre a velocidade média ($F_{1,38} = 2.62$ e $p = 0.11$, Figura 3A) e a velocidade máxima média ($F_{1,38} = 0.04$ e $p = 0.83$) atingida pelos indivíduos da formiga *T. melanocephalum* na metade da arena não impregnada com secreções pigidiais quando comparado à metade da arena impregnada com secreções de machos. Porém, o tempo

médio de permanência parado de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* foi maior na metade da arena não impregnada com secreções pigidiais de machos ($F_{1,38} = 14.01$ e $p \leq 0.01$, Figura 3B).

Os indivíduos da formiga *T. melanocephalum* apresentaram maior velocidade média ($F_{1,38} = 17.60$ e $p \leq 0.01$, Figura 3C) na metade da arena impregnada com secreções pigidiais de fêmeas, quando comparado à outra metade da arena não impregnada. Entretanto, não foi observada diferença significativa entre a velocidade máxima média atingida pelos indivíduos da formiga *T. melanocephalum* ($F_{1,38} = 0.04$ e $p = 0.83$) nas duas metades da arena. Em contrapartida, o tempo médio de permanência parado dos indivíduos da formiga *T. melanocephalum* ($F_{1,38} = 35.86$ e $p \leq 0.01$, Figura 3D) foi maior na metade da arena não impregnada com secreções pigidiais de fêmeas.

Não foi observada diferença significativa entre a velocidade média ($F_{1,38} = 1.88$ e $p = 0.18$, Figura 3E) e a velocidade máxima média ($F_{1,38} = 0.86$ e $p = 0.36$) atingida pelos indivíduos da formiga *T. melanocephalum* na metade da arena impregnada com secreções de machos comparado com a metade da arena impregnada com secreções de fêmeas. Mas o tempo médio de permanência parado de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* ($F_{1,38} = 6.15$ e $p \leq 0.01$, Figura 3F), foi maior na metade da arena que não estava impregnada com secreções pigidiais de machos.

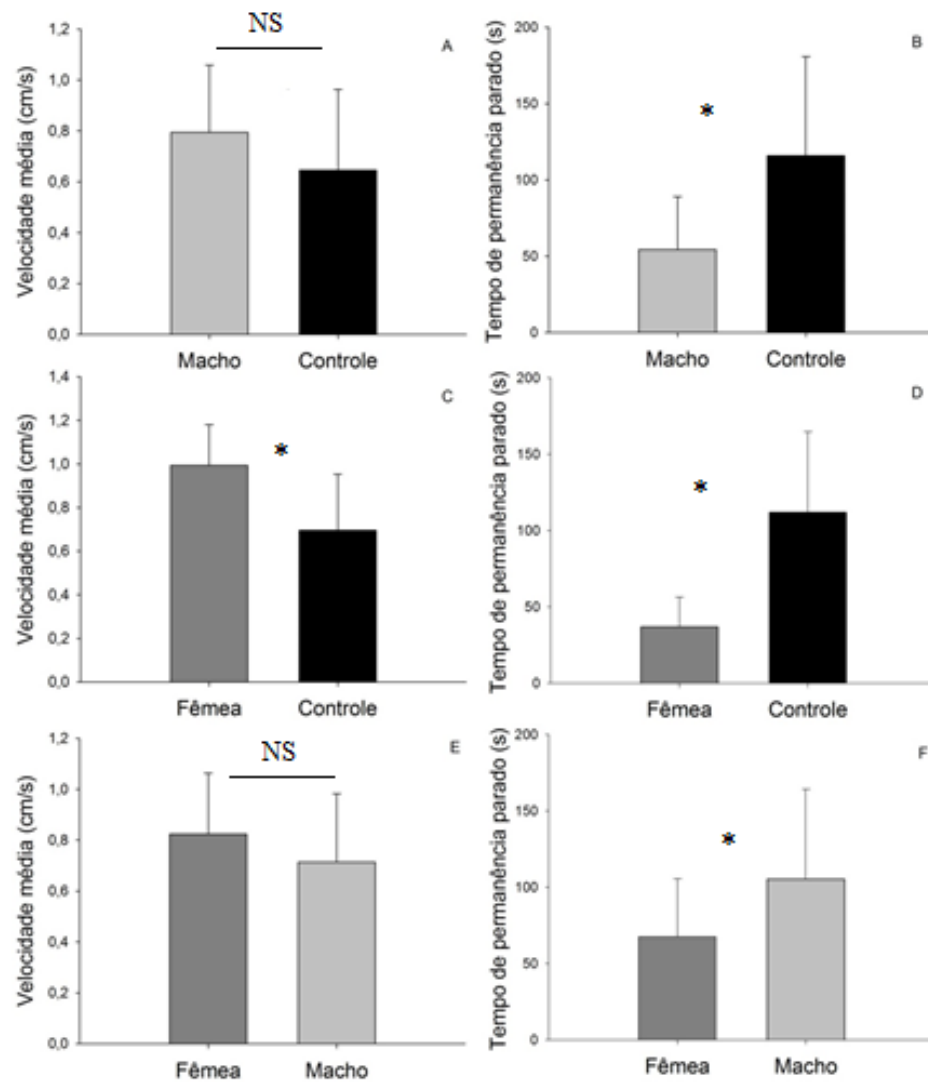


Figura 3 Médias (barras) e desvio padrão (linhas verticais) da velocidade média e do tempo de permanência parado de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* expostos às secreções pigidiais de *C. smaragdulus* nos três tratamentos (A,B) secreções de machos/control; (C,D) secreções de fêmeas/control; (E,F) secreções de fêmeas/machos. Asterisco indica diferenças entre os tratamentos a 5% de significância, de acordo com GLM

Efeito da quantidade de secreções pigidiais de *C. smaragdulus* no comportamento individual de *T. melanocephalum*

Verificamos a existência de correlação entre as variáveis respostas mensuradas em indivíduos da formiga *T. melanocephalum* e constatamos que a correlação foi alta entre as variáveis respostas. Por exemplo, a distância percorrida média com a velocidade média (Tabela 2, linha a). Já outras variáveis foram correlacionadas negativamente, por exemplo, distância percorrida média com o tempo médio de permanência parado de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* (Tabela 2, linha c) e velocidade média com o tempo médio de permanência parado de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* (Tabela 2, linha e). As outras variáveis não foram correlacionadas entre si, de acordo com o critério adotado ($R > 0.8$; $p < 0.5$).

Tabela 2 Correlação entre as variáveis do comportamento de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* quando expostos a diferentes quantidades de secreções pigidiais de besouros machos *C. smaragdulus* nos três tratamentos (1 μ L, 2 μ L e 4 μ L)

Variáveis	R	P
a) Distância percorrida média vs. Velocidade média*	0.99	0.01
b) Distância percorrida média vs. Velocidade máxima média	0.44	0.01
c) Distância percorrida média vs. Tempo médio de permanência parado*	-0.80	0.01
d) Velocidade média vs Velocidade máxima média	0.45	0.01
e) Velocidade média vs Tempo médio de permanência parado*	-0.84	0.01
f) Velocidade máxima média vs Tempo médio de permanência parado	-0.21	0.09

*Variáveis correlacionadas com $R > 0.8$ e $p < 0.05$

As variáveis respostas distância percorrida média, velocidade média e tempo médio de permanência parado de indivíduos de *T. melanocephalum* possuem coeficiente de correlação maior que 0.8, por isso optamos em fazer as análises apenas para uma dessas variáveis respostas, no caso a variável distância média percorrida, que representa o quanto os indivíduos de *T. melanocephalum* exploraram a arena.

Os indivíduos da formiga *T. melanocephalum* percorreram maior distância média no tratamento com 4 μL de secreções pigidiais ($F_{2,56} = 6.24$ e $p \leq 0.01$), quando comparado aos tratamentos com 1 μL e 2 μL (Figura 4A). Já a velocidade máxima média de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* foi maior nos tratamentos com 4 μL e 2 μL de secreções pigidiais ($F_{2,57} = 0.33$ e $p = 0.56$, Figura 4B) quando comparado ao tratamento com 1 μL .

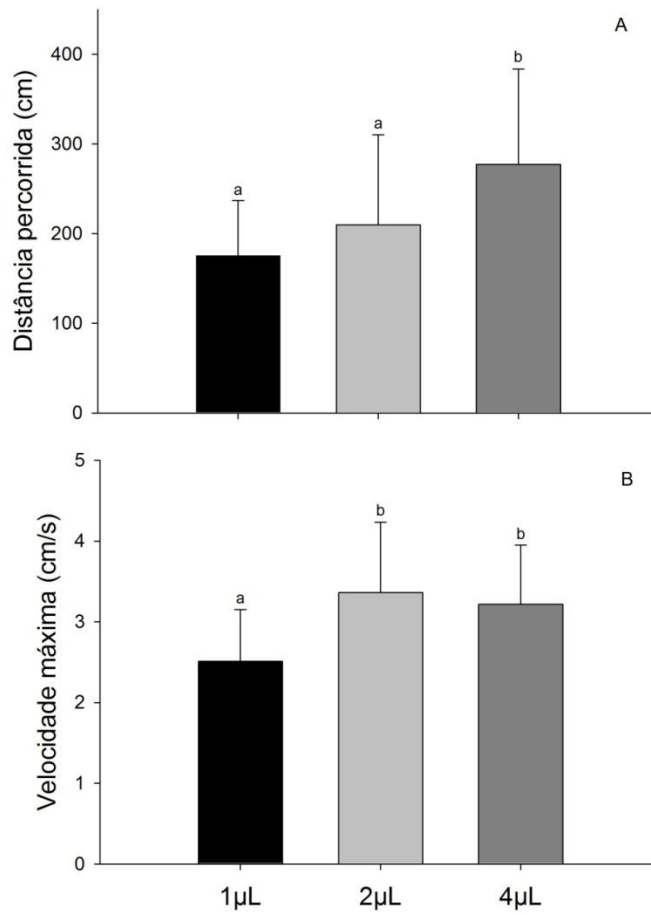


Figura 4 Médias (barras) e desvio padrão (linhas verticais) da (a) distância percorrida e (b) velocidade máxima de indivíduos da formiga *T. melanocephalum* expostos a diferentes quantidades de secreções pigidiais de besouros machos de *C. smaragdulus* nos três tratamentos (1 μ L, 2 μ L e 4 μ L). Letras diferentes indicam diferenças entre os tratamentos a 5% de significância, de acordo com o teste GLM

5 DISCUSSÃO

Nós fornecemos a primeira evidência experimental que secreções pigidiais do besouro *C. smaragdulus* apresentam um efeito de repelência em indivíduos da formiga *T. melanocephalum*. Os indivíduos da formiga *T. melanocephalum* quando expostos às secreções pigidiais de machos e/ou fêmeas passam mais tempo na metade da arena sem impregnação com secreções (controle). Porém quando a metade da arena está impregnada com secreções pigidiais de machos e a outra metade está impregnada com secreções de fêmeas, os indivíduos de *T. melanocephalum* permanecem mais tempo na arena com secreções de machos. Além disso, os indivíduos de *T. melanocephalum* ficam mais tempo parados na metade da arena em que eles permaneceram por mais tempo. Isso nos indica um possível comportamento de auto-limpeza de indivíduos da formiga *T. melanocephalum*, decorrente de eles terem detectado um composto repelente presente na outra metade impregnada. Nossos resultados também demonstram que quanto maior a quantidade de secreções pigidiais de machos do besouro rolator *C. smaragdulus* na arena, mais o comportamento de indivíduos de *T. melanocephalum* é alterado. Os indivíduos de *T. melanocephalum* quando em contato com maiores quantidades de secreções pigidiais, percorrem uma maior distância e atingem uma maior velocidade máxima. Esse comportamento da formiga pode ser um indício do incômodo causado pela presença das secreções pigidiais na arena.

As metades das arenas quando impregnadas com secreções pigidiais de machos ou de fêmeas de *C. smaragdulus* provavelmente geraram um estresse em indivíduos de *T. melanocephalum*, visto que o tempo de permanência na metade não impregnada foi maior, demonstrando assim uma tentativa da formiga de fugir das secreções e consequentemente um efeito repelente destas secreções. Os indivíduos da formiga *T. melanocephalum* ficaram parados um maior tempo na metade da arena não impregnada com

secreções, limpando suas antenas. Em formigas, as antenas são órgãos sensitivos que apresentam sensilas olfativas (CUNHA, 1980) e os indivíduos de *T. melanocephalum* limpam suas antenas na tentativa de remover das sensilas as secreções pigidiais que ficaram impregnadas, para que eles consigam detectar novamente os odores.

Neste trabalho, nós observamos que as secreções de fêmeas de *C. smaragdulus* tiveram um efeito de repelência maior sobre os indivíduos de *T. melanocephalum*. Dessa maneira, a formiga quando tem a possibilidade de escolha entre as secreções de machos e fêmeas, permanece menor tempo na metade da arena impregnada por secreções de fêmeas, provavelmente porque o cuidado parental apresentado pelas fêmeas, com a adição de secreções pigidiais nas bolas de recurso, seja decisivo para a sobrevivência da prole (FAVILA, 1993; FAVILA, 1996). Entretanto, esses resultados contradizem nossa hipótese inicial, de que as secreções pigidiais de machos iriam repelir mais os indivíduos da formiga *T. melanocephalum* do que as secreções de fêmeas. Isso pode ser devido ao fato de que machos e fêmeas de *C. smaragdulus* diferem em relação a quantidade de secreções pigidiais produzidas, sendo que machos produzem 3,5 vezes mais secreções pigidiais que as fêmeas em condições naturais (CARVALHO et al., em preparação). Por isso, seria interessante outros estudos que avaliassem o efeito das bolas de recursos impregnadas naturalmente com secreções pigidiais de machos e fêmeas sobre o recrutamento de *T. melanocephalum* nos níveis individual e coletivo. No nosso experimento em que utilizamos à mesma quantidade de secreções pigidiais de machos e fêmeas de *C. smaragdulus*, as fêmeas provavelmente produzem secreções pigidiais mais concentradas do que a dos machos, e por isso com maior efeito de repelência em formigas *T. melanocephalum*.

Nossos resultados corroboraram com trabalhos anteriores que demonstraram o efeito repelente das secreções pigidiais de *C. c. cyanellus*. Alguns autores já demonstraram que quando besouros rola-bosta encontram

um recurso alimentar primeiro, sua presença afeta ou impede a colonização do recurso por moscas detritívoras posteriormente (HALFFTER; EDMONDS, 1982; HANSKI; CAMBEFORT, 1991). Outro exemplo importante é o fato de que bolas de recursos impregnadas por secreções pigidiais não são atacadas por fungos, devido a essas secreções apresentarem algum inibidor fúngico (PLUOT-SIGWALT, 1988). Já as bolas de recurso que não são impregnadas por secreções pigidiais, são atacadas por estes parasitas (FAVILA; DÍAZ, 1996). As operárias da formiga *Camponotus sericeiventris* quando em contato com secreções pigidiais liberadas por duas espécies de besouros *C. c. cyanellus* e *C. c. femoralis* adotam um comportamento de alarme em relação às suas presas, os besouros, se tornando mais agressivas. Porém, essas formigas quando em contato com besouros que tiveram suas glândulas pigidiais tampadas experimentalmente, podem cortar seus apêndices e/ou outras extremidades (CORTEZ et al., 2012). Isso demonstra que as secreções pigidiais dos besouros modulam o comportamento das formigas, ao deixarem elas em comportamento de alarme, agindo como um desmotivador ou repelente.

As arenas impregnadas com diferentes quantidades de secreções pigidiais de machos de *C. smaragdulus*, causaram um incômodo em indivíduos de *T. melanocephalum*, principalmente no tratamento com maior quantidade de secreções pigidiais. Entretanto, nossos resultados demonstraram que ao dobramos a quantidade de secreções pigidiais utilizadas nos tratamentos, o mesmo efeito não foi identificado no comportamento locomotor de *T. melanocephalum*. A velocidade máxima atingida pelos indivíduos de *T. melanocephalum* no tratamento com 2 μL e 4 μL de secreções pigidiais foi a mesma, provavelmente devido aos receptores das antenas das formigas ficarem saturados no tratamento com 4 μL e as formigas se habituarem ao ambiente. Os indivíduos de *T. melanocephalum* na tentativa de explorar o ambiente para fugir (devido ao estresse causado

pelas secreções pigidiais de machos de *C. smaragdulus*), percorrem uma maior distância e atingem uma maior velocidade máxima.

A função das secreções das glândulas pigidiais em espécies de besouros rola-bosta provavelmente pode ser classificada como multifuncional (CORTEZ et al., 2015), devido a diversas funções biológicas exercidas por estas secreções. Este trabalho contribuiu ao demonstrar que as secreções pigidiais de um besouro rolador apresenta potencial de repelência contra uma formiga praga que pode causar muitos danos econômicos, e ainda que estas secreções alteram o comportamento dessa formiga. Assim, as secreções pigidiais de besouros rola-bosta podem futuramente ser exploradas para a utilização no manejo de pragas urbanas. Entretanto é necessário mais investigações das funções biológicas e contextos potenciais de utilização dessas secreções, a fim de se obter mais avanços nas pesquisas relacionadas com esse aspecto do manejo de pragas urbanas, assim como identificar os compostos químicos presentes nestas secreções. Para então, verificar a possibilidade de síntese dessas secreções pigidiais para ser explorado comercialmente no futuro.

6 CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho contribuem com informações importantes sobre o comportamento de operárias da formiga fantasma *T. melanocephalum* quando em contato com secreções pigidiais de besouros da espécie *C. smaragdulus*. As secreções pigidiais desses besouros rola-bosta apresentam grande potencial para ser explorado por empresas e no futuro, talvez, servir de modelo para a síntese de repelentes que controlem essa formiga praga. Entretanto, é necessário que estudos futuros testem o efeito dessas secreções ao nível colonial da formiga *T. melanocephalum*, a fim de verificar seu potencial para o controle colonial dessa praga.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, A. N.; REICHEL, H. The ant (Hymenoptera: Formicidae) fauna of Holmes Jungle, a rainforest patch in the seasonal tropics of Australia's Northern Territory. **Journal of the Australian Entomological Society**, Victoria, v. 33, n. 2, p. 153-158, mai. 1994.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Sala de Imprensa**. Disponível em: <<http://s.anvisa.gov.br/wps/s/r/dBg1>>, Acesso em 29 de jan. 2016.

BÁLAN, M. A. **Função defensiva das secreções pigidiais de *Deltochilun furcatun* (Coleoptera: Scarabaeidae), um besouro rolador da mata atlântica do Brasil**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

BELLÉS, X.; FAVILA, M. E. Protection chimique du nid chez *Canthon cyanellus* LeConte. **Bulletin de la Société Entomologique de France**, Paris, v. 88, n. 7-8, p. 602-607, jan. 1983.

BLUM, M. S. **Chemical defenses of Arthropods**. Academic Press, New York, USA, 1981. 574p.

BORNEMISSZA, G. F. Insectary studies on the control of dung breeding flies by the activity of the dung beetle *Onthopagus gazella* F. (Coleoptera: scarabaeinae). **Journal of the Australian Entomological Society**, Victoria, v. 9, n. 1, p. 31-41, abr. 1970.

BOYER, N. et al. Personality, space use and tick load in an introduced population of Siberian chipmunks *Tamias sibiricus*. **Journal of Animal Ecology**, Londres, v. 79, n. 3, p. 538-547, fev. 2010.

BROWN, M.; HERBERT, A. Insect Repellents: An overview. **Journal of American Academy of Dermatology**, Schaumburg, v. 36, n. 2, p. 243-249, fev. 1997.

BROWN, C.; BRAITHWAITE, V. A. Size matters: a test of boldness in eight populations of the poeciliid *Brachyraphis episcopi*. **Animal Behaviour**, Londres, n. 6, v. 68, p. 1325-1329, dez. 2004.

BUENO, O. C.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. Formigas urbanas 2: Estratégias de controle. **Vetores & Pragas**, Rio de Janeiro, v. 5, p. 5-7, abr. 1999.

CAMPOS-FARINHA, A. E. C. et al. As formigas urbanas no Brasil. **Retrospecto Biológico**, v. 64, n.2, p. 129-133, dez. 2002.

CARROLL, C.R.; JANZEN, D.H. Ecology of foraging by ants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 4, p. 231-257, nov. 1973.

CLARK, D. B. et al. The tramp ant *Wasmannia auropunctata*: Autecology and effects on ant diversity and distribution on Santa Cruz Island, Galápagos. **Biotropica**, Washington D.C, v. 14, n. 3, p. 196-207, set. 1982.

COLLINGWOOD, C. A.; TIGAR, B. J.; AGOSTI, D. Introduced ants in the United Arab Emirates. **Journal of Arid Environments**, v. 37, n. 3, p. 505-512, nov. 1997.

CORTEZ, V.; FAVILA, M.E. Actividad antifungica del acido 4-metoxifenilacético producido en las glándulas esternales de machos del escarabajo rodador *Canthon cyanellus cyanellus* (Coleoptera Scarabaeinae). In: ESTRADA, E.G.; EQUIHUA, C. L.; ROSAS, J. L. (Ed.). **Entomología Mexicana**, Inecol, México, 2007. p. 355-35.

CORTEZ, V. et al. Behavioral and antennal electrophysiological responses of a predator ant to the pygidial gland secretions of two species of Neotropical dung roller beetles. **Chemoecology**, Berlin, v. 22, n. 1, p. 29-38, mar. 2012.

CORTEZ, V. et al. Chemical diversity and potential biological functions of the pygidial gland secretions in two species of Neotropical dung roller beetles. **Chemoecology**, Berlin, v. 25, n. 4, p. 201-213, ago. 2015.

CROSS, J. H. et al. The major component of the trail pheromone of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* Forel: 3-ethyl-2-5-dimethylpyrazine. **Journal Chemical Ecology**, Berlin, v. 5, n. 2, p. 187-203, mar. 1979.

CUEZZO, F. Subfamília Dolichoderinae. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003. p. 291-298.

CUNHA, W.H.A. **Explorações no mundo psicológico das formigas**, Ática, São Paulo, 1980. 391p.

DELABIE, J. H. C.; NASCIMENTO, I. C.; CASIMIRO, A. B. Community structure of house-infesting ants (Hymenoptera: Formicidae) in Southern Bahia, Brazil. **Florida Entomologist**, Florida, v. 78, n. 2, p. 264-270, jun. 1995.

DEYRUP, M.; DAVIS, L.; COVER, S. Exotic ants in Florida. **Transactions of the American Entomological Society**, Filadelfia, v. 126, n. 3, p. 293-326, set. 2000.

DOGGETT, S. L. et al. Bed bugs: clinical relevance and control options. **Clinical Microbiology Reviews**, Washington D.C, v. 25, n. 1, p. 164-192, jan. 2012.

FAVILA, M.E. Some ecological factors affecting the life-style of *Canthon cyanellus cyanellus* (Coleoptera: Scarabaeidae): an experimental approach. **Ethology Ecology & Evolution**, Italia, v. 5, n. 3, p. 319-328, mai. 1993.

FAVILA, M. E., DIAZ, A. *Canthon cyanellus cyanellus* LeConte (Coleoptera: Scarabaeidae) makes a nest in the field with several brood balls. **Coleopterists Bulletin**, Washington D.C, v. 50, n. 1, p. 52-60, mar. 1996.

FAVILA, M. E. Ecología química en escarabajos coprofagos y necrofagos de la subfamilia Scarabaeinae. In: ANAYA, A. L.; ESPINOSA, F. J.; CRUZ, R. (Ed.). **Relaciones químicas entre organismos: Aspectos básicos y perspectivas de su aplicación**, Mexico: Universidade Nacional Autónoma de México y Plaza y Valdez, 2001. p. 541-580.

FOWLER, H. G. et al. Ants as potential vectors of pathogens in hospitals in the State of São Paulo, Brazil. **Insect Scientific and its Application**, Reino Unido, v. 14, n. 3, p. 367-370, set. 1993.

FOWLER, H. G.; SCHLINDWEIN, M. N.; MEDEIROS, M. A. Exotic ants and community simplification in Brazil: are view of the impact of exotic ants on native ant assemblages. In: WILLIAMS, D. F. (Ed.). **Exotic ants: biology, impact and control of introduced species**, San Francisco, Westview, 1994. p.151-162.

FOWLER, H. G., BUENO, O. C. Effect of spatial and temporal foraging behaviour of dominant ants in an urban structural habitat on assemblage composition, with simulation of analysis of diversity sensitivity to dominance. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.47, n. 1/2, p. 79-82, 1995.

FRADIN, M. S. Mosquitoes and mosquito repellents: a clinician's guide. **Annals of Internal Medicine**, Filadelfia, v.128, n.11, p. 931-940, jun. 1998.

GASCH, T. et al. Multifunctional weaponry: the chemical defenses of earwigs. **Journal of Insect Physiology**, Annapolis, v. 59, n.12, p. 1186-1193, dez. 2013.

GASCH, T; VILCINSKAS, A. The chemical defense in larvae of the earwig *Forficula auricularia*. **Journal of Insect Physiology**, Annapolis, v. 67, p. 1-8, ago. 2014.

GILHUIS, J.P. **Vegetation survey of the Parque Florestal Estadual do Rio Doce, MG, Brasil**. 1986. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1986

GILLIJ, Y. G.; GLEISER, R. M.; ZYGADLO, J. A. Mosquito repellent activity of essential oils of aromatic plants growing in Argentina. **Bioresource Technology**, Trivandrum, v. 99, n. 7, p. 2507–2515, mai. 2008.

GREEN, A. A. et al. The control of Pharaoh's ants in hospitals. **Pest Infestation Research**, Filadelfia, v. 24, p. 91-96, abr. 1954.

GROB, K.; GROB, G.; GROB JÚNIOR, K. Testing capillary gas chromatographic columns. **Journal of Chromatography A**, Tallahassee, v. 219, n. 1, p.13-20, nov. 1981.

HALFFTER, G.; MATTHEWS, E. G. The natural history of dung beetles of subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). **Folia Entomológica Mexicana**, México, v. 12, n. 14, p. 1-132, nov. 1966.

HALFFTER, G. Evolution of nidification in the Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). **Quaestiones Entomologicae**, Alberta, v. 13, n. 3, p. 231-253, set. 1977.

HALFFTER, G., LOPEZ, Y. Development of the ovary and mating behavior in *Phanaeus*. **Annals of the Entomological Society of America**, Annapolis, v. 70, n. 2, p. 203-213, mar. 1977.

HALFFTER, G.; EDMONDS, W. D. **The nesting behaviour of dung beetles (Scarabaeinae): An ecological and evolutionary approach.** Mexico, DF, Instituto de Ecología, 1982. 176p.

HANSKI, I. Colonization of ephemeral habitats. In GRAY, A. J.; CRAWLEY, M. J.; EDWARDS, P. J. (Ed.). **Colonization, Succession and Stability**, Reino Unido, Blackwell Science, 1987. p.155-185.

HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. **Dung Beetle Ecology.** Princeton: Princeton University Press, 1991. 481 p.

HARRIS, R. et al. Invasive ant pest risk assessment project for Biosecurity New Zealand. **Series of unpublished Landcare Research contract reports to Biosecurity New Zealand**, Nova Zelândia, 2005.

HAYNES, K. F.; POTTER, M. F. Recent progress in bed bug management. In: ISHAAYA, I.; PALLI, S. R.; HOROWITZ, A. R. **Advanced technologies for managing insect pests**, p. 269–278, jun. 2012.

HOLLDÖBLER, B.; WILSON, E.O. **The ants**, 1990. Springer, Berlin, 1990. 732p.

IUCN Red List of Threatened Species. *Canthon smaragdulus* Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/details/137476/0>>, Acesso em 20 de jan. 2016.

JACOBSON, M. Botanical Pesticides: past, present and future. In: ARNASON, J. T.; PHILOGENE, B. J. R.; MORAND, P. (Ed.). **Insecticides of plant origin.** Canada, University of Ottawa, 1989. p. 1-7.

JAENSON, T. G. T.; PALSSON, K.; BROG-KARLSON, A. K. Evaluation of extracts and oils of tick-repellent plants from Sweden. **Medical and Veterinary Entomology**, Liverpool, v. 19, n.4, p.345–352, dez. 2005.

KIM, S. I. et al. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. **Journal of Stored Products Research**, Manhattan, v. 39, n. 3, p. 293-303, fev. 2003.

LEE, C.Y. Tropical household ants: pest status, species diversity, foraging behaviour, and baiting studies. In: JONES, S.C.; ZHAI, J.; ROBINSON, W. H. (Ed.). **Proceedings of the 4th international conference on Urban Pests**, Blacksburg, Pocahontas Press, 2002. p. 3-8.

LIU, F. et al. Antennal Olfactory Sensilla Responses to Insect Chemical Repellents in the Common Bed Bug *Cimex lectularius*. **Journal of Chemical Ecology**, Berlin, v. 40, n. 6, p. 522-33, mai. 2014.

LOUZADA, J. N. C. Scarabaeidae (Coleoptera-Scarabaeidae) detritívoros em ecossistemas tropicais: diversidade e serviços ambientais. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Biodiversidade dos solos em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, 2008. P. 299-322.

MOREIRA, D. D. O. et al. Ants as potential bacteria carriers in three hospitals in Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro State, Brazil. **Neotropical entomology**, Londrina, v. 34, p. 999-1006, jul. 2005.

NAUMANN, E. Organizational Predictors of Expatriate Job Satisfaction. **Journal of International Business Studies**, Bélgica, v. 24, n. 1, p. 61-81, jan. 1993.

PADILHA, J. P. **Estudo da ação repelente do óleo essencial de Ocimum selloi Benth contra o Anopheles braziliensis Chagas**. 2002. Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2002.

PASSERA, L. Characteristics of tramp species. In: WILLIAMS, D. F. **Exotic ants: biology, impact, and control of introduced species**, (Ed.). New York, Westview Press, 1994. p. 23-43.

PLUOT-SIGWALT, D. Diversité et dimorphisme sexuel de glandes tégumentaires abdominales chez les Coléoptères Scarabaeidae. **National Academy of Science**, Paris, v. 294, n. 18, p. 945-948, 1982.

PLUOT-SIGWALT, D. Les glandes tégumentaires des Coleoptères Scarabaeidae: structure et diversité des canalicule. **Annales de la Société Entomologique de France**, Paris, v. 22, n.22, p. 163-182, 1986.

PLUOT-SIGWALT, D. Données sur l'activité et le rôle de quelques glandes tégumentaires, sternales, pygidiales et autres, chez deux espèces de *Canthon* [Col. Scarabaeidae]. **Bulletin de la Société Entomologique de France**, Paris, v. 93, n.3-4, p. 89-98, 1988.

ROBINSON, S. W. et al. Field evaluation of methyl-4-methylpyrrole-2-carboxylate, an ant trail pheromone, as a component of baits of leaf-cutting ant (Hym.: Formicidae) control. **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, v. 72, n. 3, p. 345-356, set. 1982.

SCARAB NET GLOBAL, **Taxon Database**, Disponível em: <<http://216.73.243.70/scarabnet/results.htm>>, Acesso em 20 de ago 2015..

SMITH, M. R. House-infesting ants of the eastern United States. **Technical Bulletin**, Washington D.C, p. 105, n. 1326, mai.1965.

SOARES, N. S. et al. Levantamento da diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) na região urbana de Uberlândia, MG. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 324-328, mai. 2006.

SPADOTTO, C.A. Screening method for assessing pesticide leaching potential. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 12, p. 69-78, dez. 2002.

SUKONTASON, K. L. et al. Effects of eucalyptol on house fly (Diptera: Muscidae) and blow fly (Diptera: Calliphoridae). **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, São Paulo, v. 46, n. 2, p. 97-101, mar. 2004.

TALLAMY, D. W.; WOOD, T. K. Convergence patterns in subsocial insects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 31, p. 369-390, jan. 1986.

THAVARA, U. et al. Laboratory and field evaluations of the insect repellent 3535 (ethyl butylacetylaminopropionate) and DEET against mosquito vectors in Thailand. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 17, n. 3, p. 190-195, mar. 2001.

THOMPSON, C. R. Ants that have pest status in the United States. In: VANDER MEER, R. K.; JAFFE, K.; CEDENO, A. (Ed.). **Applied myrmecology: a world perspective**, Michigan, Universidade de Michigan, 1990. p. 51-67

TUETUN, B. et al. Comparative repellency of *A. graveolens* and commercial products. **Tropical medicine & international health**, Reino Unido, v. 10, n.11, p.1190-1198, 2005.

ULLHOA-CHACÓN, P. Hormigas urbanas. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**, Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003. p. 351-362.

VAZ-DE-MELLO, F. Z. et al. A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). **Zootaxa**, Saint John, n. 2854, p. 1-73, 2011.

WILSON, E. O. **Naturalista**. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1997. 368p.