

GUSTAVO HENRIQUE MACHADO DOS SANTOS

**CARACTERÍSTICAS BIOECOLÓGICAS DE *ACROMYRMEX RUGOSUS*  
(SMITH, 1858) E PARASITISMO PELO FORÍDEO *APOCEPHALUS* SP.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

FLORESTAL  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2017

T

Santos, Gustavo Henrique Machado dos, 1985-  
S237c Características bioecológicas de *Acromyrmex Rugosus*  
2017 (Smith, 1858) e parasitismo pelo forídeo *Apocephalus* sp. /  
Gustavo Henrique Machado dos Santos. – Florestal, MG, 2017.  
v, 58f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Marco Antônio de Oliveira.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. *Acromyrmex Rugosus* - Características bioecológicas.  
2. Formiga-cortadeira. 3. Parasitismo. I. Universidade Federal de  
Viçosa. Departamento de Biologia Animal. Programa de  
Pós-graduação em Manejo e Conservação de Ecossistemas  
Naturais e Agrários. II. Título.

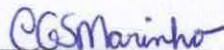
CDD 22 ed. 595.796

GUSTAVO HENRIQUE MACHADO DOS SANTOS

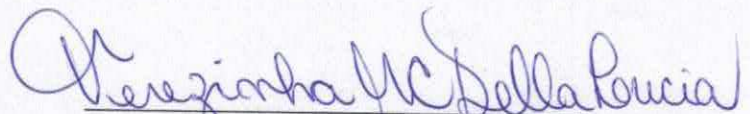
**CARACTERÍSTICAS BIOECOLÓGICAS DE *ACROMYRMEX RUGOSUS*  
(SMITH, 1858) E PARASITISMO PELO FORÍDEO *APOCEPHALUS* SP.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.


APROVADO: 21 de fevereiro de 2017.



Cidália Gabriela Santos Marinho



Terezinha Maria Castro Della Lucia  
(Coorientadora)



Marco Antônio de Oliveira  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por estar comigo em todos os momentos.

Aos meus amados pai e mãe. Minha mãe, obrigado por todas as orações ao Pe. Libério. Meu pai um exemplo de homem honesto e digno. Meu eterno agradecimento por dedicarem a vida de vocês na educação de minha irmã e minha. Obrigado por acreditarem na minha capacidade. Vocês são meu exemplo maior! Amo vocês!

À minha namorada Júlia, parte fundamental em minha vida pessoal, carreira acadêmica e profissional.

Ao professor Dr. Marco Antônio, não apenas por sua orientação nesse estudo, mas pela oportunidade de aprendizado e amizade. Muito obrigado.

A Jéssica e Lucas, por sua presteza e competência em solucionar todos as dúvidas e problemas que surgiram nesses dois anos de curso.

Ao professor Dr. Hélder, por sua boa vontade em disponibilizar seu laboratório e auxílio da elaboração de mapas, obrigado.

A profa. Dra. Terezinha Della Lucia, profa. Dra. Cidália Gabriela e prof. Dr. Lessando por seus esforços na revisão desse trabalho. Muito obrigado.

Aos estudantes de iniciação científica e bolsistas do Laboratório de Mirmecologia UFV *Campus* - Florestal, Mateus, Verônica, Williana, Frantiesco, Davi e Vitória, obrigado por toda a ajuda de vocês.

As colegas do curso de pós-graduação Ingrid, Catarina e Jaíza, pela amizade e suporte na disciplina de estatística.

Aos amigos Neimar, Gustavo e Rodrigo, pela companhia nessa vida.

A Capes, pela bolsa concedida através do programa FORTIS-UFV.

A Fapemig pelo apoio financeiro ao projeto através do edital 01/2014 – “demanda universal” processo CAG - APQ-01842-14.

A todos que estando nessa dimensão ou na próxima, de forma direta ou indireta contribuíram para esta dissertação.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
1.INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	2
CAPITULO I.....	4
LEVANTAMENTO E ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DA FORMIGA CORTADEIRA <i>ACROMYRMEX RUGOSUS</i> NA ÁREA URBANA DE FLORESTAL-MG.....	
RESUMO.....	4
ABSTRACT.....	5
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	8
2.1. Área de Estudo.....	8
2.2. Levantamento e mapeamento dos ninhos.....	8
2.3. Aspectos etológicos.....	8
2.4. Atividade de forrageamento.....	8
2.5. Análise dos resultados.....	9
3. RESULTADOS.....	9
3.1. Levantamento e mapeamento dos ninhos.....	9
3.2. Aspectos etológicos das formigas.....	10
3.3. Padrões de forrageamento.....	15
4. DISCUSSÃO.....	27
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
CAPITULO II.....	38
PARASITISMO EM <i>ACROMYRMEX RUGOSUS</i> POR <i>APOCEPHALUS</i> SP.....	
RESUMO.....	39
ABSTRACT.....	40
1. INTRODUÇÃO.....	41
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
2.1. Local do estudo.....	43
2.2. Coleta das formigas e avaliação dos forídeos.....	43
2.3. Análise dos dados.....	46
3. RESULTADOS.....	46
4. DISCUSSÃO.....	48
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

## RESUMO

SANTOS, Gustavo Henrique Machado, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2017. **Características bioecológicas de *Acromyrmex rugosus* (Smith, 1858) e parasitismo pelo forídeo *Apocephalus* sp.** Orientador: Marco Antônio de Oliveira. Coorientadores: Lessando Moreira Gontijo, Márcio da Silva Araújo e Terezinha Maria Castro Della Lucia.

As formigas-cortadeiras usam uma ampla variedade de vegetais e seus efeitos danosos ocorrem em todas as fases do crescimento das plantas, causando perdas significativas na produtividade das culturas. Esse material transportado ao ninho é usado para cultivar um fungo simbiote, principalmente nas formigas dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*. O controle desses insetos é feito com uso de produtos químicos com formulações diversas, sendo o método atualmente mais eficaz no combate. Entretanto, faltam informações sobre o comportamento, a biologia, a ecologia e outros métodos de controle. Informações sobre *Acromyrmex rugosus* são escassas na literatura; apesar de sua ampla distribuição, pouco se conhece sobre aspectos do seu comportamento. Para conhecer um pouco mais dela, este trabalho desenvolveu os seguintes temas: características gerais de bioecologia e a ocorrência e a sazonalidade de parasitismo por forídeos em *A. rugosus*. Os resultados obtidos definiram alguns padrões do comportamento de *A. rugosus* na área urbana de Florestal, demonstrando que a mesma tem alta infestação e pode se tornar uma praga por cortar diversas plantas de interesse. Foi encontrada uma espécie de forídeo atacando essa formiga, identificada como nova espécie de *Apocephalus*, sendo informações sobre a sazonalidade e sua biologia em *A. rugosus* discutidos. Estes resultados poderão ser úteis para auxiliar em futuros estudos visando o controle biológico de formigas cortadeiras.

## ABSTRACT

SANTOS, Gustavo Henrique Machado, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2017. **Bioecological characteristics of *Acromyrmex rugosus* (Smith, 1858) and parasitism by phoridae *Apocephalus* sp.** Adviser: Marco Antônio de Oliveira. Co-advisers: Lessando Moreira Gontijo, Márcio da Silva Araújo and Terezinha Maria Castro Della Lucia.

The leaf-cutting ants use a wide variety of vegetables and their damaging effects occur at all stages of plant growth, causing significant losses in crop productivity. This material transported to the nest is used to grow a symbiotic fungus, especially in the ants of the genus *Atta* and *Acromyrmex*. The control of these insects is done with the use of chemical products with diverse formulations, being the method currently more effective in the combat. However, there is a lack of information on behavior, biology, ecology, and other methods of control. Information on *Acromyrmex rugosus* is scarce in the literature; Despite its wide distribution, little is known about aspects of its behavior. To know more about it, this work developed the following themes: general characteristics of bioecology and the occurrence and seasonality of parasitism by phorids in *A. rugosus*. The results obtained determined some patterns of the behavior of *A. rugosus* in the urban area of Forest, demonstrating that it has a high infestation and can become a pest by cutting several plants of interest. It was found a species of phorids attacking this ant, identified as a new species of *Apocephalus*, being Information about the seasonality and its biology in *A. rugosus* discussed. These results may be useful to support future studies aimed at the biological control of leaf-cutting ants.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

As formigas-cortadeiras são consideradas insetos sociais e apresentam comportamentos diversificados nos habitats onde se encontram (Hölldobler & Wilson, 1990). As espécies do gênero *Atta* apresentam diferentes aspectos internos e externos de suas colônias que diferem das de *Acromyrmex*; por exemplo a densidade de colônias de *Atta* por hectare geralmente é menor quando comparada com a densidade de colônias de *Acromyrmex*. No que diz respeito a morfologia externa das operárias, um forte polimorfismo destaca-se nas saúvas, apresentando castas bem definidas de operárias, soldados e jardineiras, o que não é tão evidente nos quenquenzeiros (Forti *et al.*, 2006; Moreira *et al.*, 2010). Morfológicamente a diferenciação dos gêneros se dá com a comparação do número no tórax, *Acromyrmex* apresenta de quatro a cinco pares de espinhos na parte dorsal do tórax, enquanto as saúvas possuem somente três pares (Mayhé-Nunes, 1991).

O gênero *Atta*, apresenta 10 espécies e três subespécies ocorrendo no país (Delabie *et al.*, 2011), enquanto o gênero *Acromyrmex* é composto por 63 espécies, das quais 28 têm ocorrência constatada no Brasil (Mayhé-Nunes, 1991).

*Acromyrmex rugosus* (Smith, 1858) é encontrada na Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Peru (Della Lucia *et al.*, 2014). Seu ataque a diversas plantas foi relatado por Gonçalves (1961), incluindo citros, mandioca, eucalipto, roseira, algodão, feijão, manga, inclusive monocotiledôneas como milho. Ainda faltam informações sobre a distribuição, o comportamento de forrageamento, a estrutura interna e externa dos ninhos e os organismos associados às formigas com potencial de controladores biológicos. O entendimento de aspectos da ecologia, biologia e comportamento das cortadeiras é uma importante ferramenta para auxiliar no seu manejo integrado em áreas agrícolas, florestais e urbanas.

Há algum tempo, iscas granuladas a base de sufluramida, fipronil e clorpirifós e a formulação pó seco vem sendo utilizadas, apresentando resultados satisfatórios (Araújo *et al.*, 2003; Della Lucia *et al.*, 2014; Britto *et al.*, 2016). Contudo, para *A. rugosus* essas formulações não têm sido eficientes por falta de informações que possam subsidiar seu uso adequado. Isso tem provocado o “amuamento” das colônias ou sua migração. Nesse sentido, a busca de métodos alternativos de controle formigas-cortadeiras dentro da filosofia do manejo integrado de pragas, tem sido

investigado (Oliveira *et al.*, 2011). No que diz respeito ao controle biológico, a utilização de moscas parasitoides da família Phoridae (Waller & Moser, 1990; Guillade & Folgarait, 2014; Bragança *et al.*, 2017) tem sido investigado. Apesar desses parasitoides apresentarem baixo índice de mortalidade das formigas hospedeiras, eles afetam o comportamento das mesmas, causando alterações como diminuição na atividade de forrageamento e conseqüentemente menor dano nas culturas (Tonhasca Jr, 1996; Bragança *et al.*, 1998; Erthal Jr & Tonhasca Jr, 2000).

Esta dissertação traz informações básicas sobre a bioecologia e características comportamentais de *A. rugosus* e sobre o seu parasitismo por moscas Phoridae.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo M. S., Della Lucia T. M. C. & Souza D. J.** (2003) Estratégias alternativas de controle de formigas-cortadeiras. *Bahia Agrícola* v. 6, 71-74.
- Bragança, M. A. L., Arruda, F. V., Souza, L. R. R., Martins, H. C., Della Lucia, T. M. C.** (2017) Phorid flies parasitizing leaf-cutting ants: their occurrence, parasitism rates, biology and the first account of multiparasitism. *Sociobiology* v. 63, 1015-1021.
- Bragança, M. A. L., Tonhasca Jr, A., Della Lucia, T. M. C.** (1998) Reduction in the foraging activity of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* caused by the phorid *Neodohrniphora* sp. *Entomologia Experimentalis et Applicata* v. 89, 305-311.
- Britto, J. S., Forti, L. C., Oliveira, M. A., Zanetti, R., Wilcken, C. F., Zanuncio, J. C., Loeck, A. E., Caldato N., Nagamoto N. S., Lemes, P. G. & Camargo, R. S.** (2016) Use of alternatives to PFOS, its salts and PFOSF for the control of leaf-cutting ants *Atta* and *Acromyrmex*. *International Journal of Research in Environmental Studies* v. 3, 11-92.
- Delabie, J. H. C., Alves, H. S. R., Reuss-Strenzel, G. M., Carmo, A. F. R. & Nascimento, I. C.** (2011) Distribuição das formigas-cortadeiras *Acromyrmex* e *Atta* no Novo Mundo. Em: *Formigas-cortadeiras da bioecologia ao manejo*. Della Lucia, T. M. C. 80-101.

- Della Lucia, T. M. C., Gandra, L. C., Guedes, R. N. C.** (2014) Managing leaf-cutting ants: Peculiarities, trends and challenges. *Pest Management Science* v. 70, 14-23.
- Erthal Jr, M. & Tonhasca Jr, A.** (2000) Biology and oviposition behavior of the phorid *Apocephalus attophilus* and the response of its host, the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. *Entomologia Experimentalis Applicata* v. 95, 71-75.
- Forti, L. C., Andrade, M. L., Andrade, A. P. P., Lopes, J. F. S., Ramos, V. M.** (2006) Bionomics and identification of *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) through an illustrated key. *Sociobiology* v. 48, número 2.
- Gonçalves, C. R.** (1961) O gênero *Acromyrmex* no Brasil (Hymenoptera, Formicidae). *Studia Entomologica* v. 4, 113-180.
- Guillade, A. C. & Folgarait, P. J.** (2014) Optimal conditions to rear phorid parasitoids (Diptera: Phoridae) of *Atta vollenweideri* and *Acromyrmex lundii* (Hymenoptera: Formicidae). *Environmental Entomology* v. 43, 458-466.
- Hölldobler, B., Wilson, E. O.** (1990) The ants. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 732.
- Mayhé-Nunes, A. J.** (1991) Estudo de *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) com ocorrência constatada no Brasil: subsídios para uma análise filogenética. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, 122.
- Moreira, D. D. O., Viana-Bailez, A. M. M., Erthal Jr, M., Bailez, O., Carrera, M. P. & Samuels, R. I.** (2010) Resource allocation among worker castes of the leaf-cutting ants *Acromyrmex subterraneus subterraneus* through trophallaxis. *Journal of Insect Physiology* v. 56, 1665-1670.
- Oliveira, M. A., Araújo M. S., Marinho C. G. S., Ribeiro M. M. R. R. & Della Lucia T. M. C.** (2011). Manejo de formigas cortadeira. Em Manejo de formigas-cortadeiras em Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo, Della Lucia, T. M. C. 400-419.
- Tonhasca Jr, A.** (1996) Interactions between a parasitic fly, *Neodohrniphora declinata* (Diptera: Phoridae), and its host, the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*. *Ecotropica* v. 2, 157-164.
- Waller D. A. & Moser J. C.** (1990). Invertebrate enemies and nest associates of the leaf-cutting ant *Atta texana* (Buckley) (Formicidae, Attini). *Applied Myrmecology – A world perspective*. Westview Press, Boulder - Colorado, 255-273.

## CAPITULO I

### LEVANTAMENTO E ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DA FORMIGA-CORTADEIRA *ACROMYRMEX RUGOSUS* NA ÁREA URBANA DE FLORESTAL-MG

#### RESUMO

A ampla distribuição das formigas-cortadeiras abrange florestas tropicais, cerrados, pampas e restingas, demonstrando a grande capacidade de adaptação desses insetos, o que pode torná-los pragas em muitos destes locais. Em razão da capacidade de causar prejuízos, as formigas-cortadeiras têm sido alvo das mais diversas tentativas de controle. Conhecer a bioecologia e comportamento de *A. rugosus* é mais uma importante estratégia dentro da filosofia do Manejo Integrado de Pragas. Este estudo foi realizado no perímetro urbano do município de Florestal – MG e avaliar os aspectos dos padrões de comportamento de corte, nidificação, período de revoada, espécies mirmecofilas e parasitismo em *A. rugosus*. Foram selecionados 8 bairros para a amostragem, sendo as áreas percorridas e os ninhos encontrados nas vias públicas e lotes vagos com acesso livre foram marcados e georeferenciados com GPS. Foram selecionados 30 ninhos aleatoriamente para a caracterização de aspectos externos. Com o objetivo de compreender o comportamento de forrageamento da espécie de formiga cortadeira *A. rugosus*, foram selecionados aleatoriamente e acompanhados 9 ninhos, de tamanhos diferentes, durante as quatro estações do ano de 2016. Foram encontrados 473 ninhos de *A. rugosus* distribuídos em uma área de aproximadamente 28 hectares, sendo a infestação de formigueiros calculada em 16,89 ninhos/hectare. As estações que apresentaram o maior fluxo de formigas nas trilhas foram o verão e a primavera. A *A. rugosus* apresenta altos níveis de infestação na área urbana de Florestal – MG. Apesar de sua importância como praga, seus hábitos ainda não haviam sido caracterizados. em área urbana. Esses dados básicos permitirão abordagens otimizadas para o controle desta praga.

**Palavras-chave:** Praga urbana, infestação, formiga cortadeira, Attini.

## ABSTRACT

The wide distribution of leaf-cutting ants covers tropical forests, savannahs, pampas and restingas, demonstrating the great adaptability of these insects, which can make them pests in many of these places. Because of the ability to cause damage, leaf-cutting ants have been the target of the most diverse control attempts. Knowing the bioecology and behavior of *A. rugosus* is another important strategy within the philosophy of Integrated Pest Management. This study was carried out in the urban perimeter of the municipality of Florestal - MG and evaluated the behavior patterns of cutting, nesting, flapping period, myrmecophyla species and parasitism in *A. rugosus*. Eight neighborhoods were selected for sampling, with the areas covered and nests found on public roads and vacant lots with free access were marked and georeferenced with GPS. We selected 30 nests randomly for the characterization of external aspects. In order to understand the foraging behavior of *A. rugosus* cutter ant species, 9 nests of different sizes were randomly selected and monitored during the four seasons of 2016. 473 nests of *A. rugosus* were found distributed in one Area of approximately 28 hectares, with nesting infestation estimated at 16.89 nests/hectare. The seasons that presented the biggest flow of ants on the trails were summer and spring. *A. rugosus* presents high levels of infestation in the urban area of Florestal - MG. Despite its importance as a plague, its habits had not yet been characterized. In urban area. These basic data will allow optimized approaches to control this pest.

**Keywords:** Urban plague, infestation, leaf-cutting ant, Attini.

## 1. INTRODUÇÃO

As formigas-cortadeiras são insetos que ocorrem apenas no Novo Mundo, com distribuição que vai do sul dos Estados Unidos (Rabeling *et al.*, 2007), até a Patagônia (Farji-Brener & Corley, 1998). Isso abrange florestas tropicais, equatoriais, úmidas, cerrados, pampas e restingas (Mehdiabadi & Schultz, 2009), o que demonstra grande capacidade de adaptação desses insetos, os quais podem se tornar pragas em muitos desses locais.

Estudos sobre o comportamento de forrageamento das formigas-cortadeiras demonstram uma grande capacidade destes insetos de buscar estratégias de recrutamento, construção de trilhas físicas e químicas, troca de informações e um polietismo com diferenças de tamanho significativo dependendo da função a ser executada (Waddington & Hughes, 2010; Ribeiro & Marinho, 2011). A avaliação desses aspectos do forrageamento em uma escala temporal e espacial tem demonstrado uma variação grande entre as espécies e dentro da mesma espécie quando avaliados os parâmetros de número de câmaras e volume de terra solta próxima ao olheiro em diferentes regiões. O conhecimento das relações dos fatores bióticos e abióticos do meio, podem auxiliar na melhor forma de controlar estes insetos, quando estão causando danos econômicos nas áreas agrícolas, florestais e urbanas (Britto *et al.*, 2016).

Com ampla distribuição geográfica *A. rugosus*, foi registrada na Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Peru (Gonçalves, 1961; Della Lucia *et al.*, 2014). A presença desta formiga em área urbana de Florestal, região metropolitana de Belo Horizonte – Minas Gerais, tem chamado a atenção, principalmente, pelos danos que vem causando em hortas, jardins e arborização urbana. Ela corta várias espécies de plantas e nem sempre é controlada com eficiência, pois a localização de seus ninhos em passeios, debaixo de casas e prédios tem dificultado o seu controle. Quanto a capacidade de dano nas plantas os primeiros relatos foram feitos por Gonçalves (1961), sendo ampliada por Rando & Forti (2005).

Outro aspecto importante é conhecer a estrutura interna e externa dos ninhos, os quais têm se mostrado complexos e diversificados. Ocorrem mudanças dentro da espécie quando avaliados em regiões diferentes (Fowler, 1992; Forti *et al.*, 2012; 2011). A caracterização das colônias de *A. rugosus*, na região de Ilhéus - BA, em solos arenosos, descreve 1 a 2 olheiros, em forma de “U” invertido, e cobertos com

pouca terra solta e por palhas de coqueiro ou por plantas e gramíneas que não eram cortadas pelas operárias, funcionando como proteção ao ninho (Soares *et al.*, 2006). Essa característica de esconder e camuflar os ninhos com a vegetação também foi observado por Gonçalves (1961) e Delabie *et al.*, (1997). As colônias avaliadas apresentaram de 1 a 9 câmaras com profundidade entre 0,70m a 1,85m, estando sempre associados a raízes das plantas que dão suporte ao fungo que apresentou volume irregular em câmaras de formato ovóide ou riniforme, com altura de 6-21cm), largura de 5-30cm e com volume entre 10 e 500ml de fungo (Dellabie *et al.*, 1997).

Verza *et al.*, (2007), observaram que a estrutura externa e interna dos ninhos de *A. rugosus* e altamente variável e irregular em Botucatu-SP. Na parte externa o monte de terra solta varia entre 9,89m<sup>2</sup> e 0,01m<sup>2</sup>. Já internamente o número de câmaras encontrados variou de 1 a 26, com dimensões máximas de entre 6 e 70cm. As painéis com formas irregulares distribuíram-se ao longo da superfície do solo entre 6cm a 3,75m de profundidade, contendo painéis com fungo, painéis vazias e painéis de lixo. Os trabalhos já citados são as únicas referências encontradas sobre essa espécie, sem nenhuma descrição desses ninhos no estado de Minas Gerais.

Outro aspecto que merece ser investigado são as relações das formigas-cortadeiras com os organismos associados aos ninhos ou as próprias formigas, principalmente os invertebrados e vertebrados que ocorrem dentro dos ninhos onde encontram condições favoráveis de temperatura, umidade e abrigo para seu desenvolvimento. As associações entre as formigas-cortadeiras com predadores (Araújo *et al.*, 2011; Forti *et al.* 2012), parasitoides (Bragança *et al.*, 1998; Elizalde & Queiroz, 2013, Farder-Gomes *et al.*, 2016), fungos (Elliot *et al.*, 2011; Mattoso *et al.*, 2012), vírus e bactérias (Pagnocca *et al.*, 2011), são perspectivas que devem ser consideradas e avaliadas.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho, foi avaliar aspectos gerais do comportamento de *A. rugosus* na área urbana de Florestal-MG, procurando entender (a) distribuição espacial dos ninhos; (b) a caracterização externa dos ninhos; (c) extensão das trilhas; (d) organismos associados a colônia; (e) o período reprodutivo; (f) padrão e sazonalidade de forrageamento.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de Estudo**

O estudo foi realizado no perímetro urbano do município de Florestal, que ocupa área de 191,42 Km<sup>2</sup> (19°53' S, 44°25' O) e faz parte da região metropolitana de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. A região se encontra na transição do bioma Cerrado e Mata Atlântica, apresentando verão (chuvoso) e inverno (seco) (IBGE, 2015). A precipitação média anual de 1426,8 mm, temperatura mínima média de 13,1°C e temperatura máxima média de 28°C (INMET, 2017).

### **2.2. Levantamento e mapeamento dos ninhos**

A partir da divisão dos bairros contida no plano diretor do município de Florestal – MG, foram selecionados 8 bairros para a amostragem (Pernambuco, Joana D'Arc, Dona Suzana, Lagoa do Romão, Califórnia, Fluminense, Bairro do Lago e *Campus* da UFV). Através do método do caminhamento as áreas foram percorridas e os ninhos encontrados nas vias públicas e lotes vagos com acesso livre foram amostrados e georeferenciados com GPS Garmin 60CS. Foi calculado o número de formigueiros/hectare através de média simples.

### **2.3. Aspectos externos dos ninhos e ecológicos de *A. rugosus***

Foram selecionados 30 ninhos aleatoriamente para caracterização de aspectos externos. Nessa visita ao ninho foram levantados dados do ambiente no qual a colônia estava inserida, como número de olheiros, presença de terra solta próximas aos olheiros, tamanho da trilha principal, existência de associação com coleta dos representantes vertebrados e invertebrados próximos aos ninhos ou trilhas e plantas ou material forrageado no momento da avaliação. O período reprodutivo foi definido quando encontradas as castas reprodutivas saindo dos ninhos. A morfologia interna dos ninhos está sendo investigada em um outro estudo.

### **2.4. Atividade de forrageamento**

Foram selecionados aleatoriamente e acompanhados 9 ninhos, de tamanhos diferentes, durante as quatro estações do ano de 2016. Foi observado que na região da cidade de Florestal os formigueiros apresentam atividade noturna. As colônias foram observadas por aproximadamente 12 horas contínuas durante as quatro

estações do ano. As observações noturnas foram efetuadas com auxílio de lanternas cobertas com papel celofane vermelho, para não afetar o forrageamento das formigas (Della Lucia & Vilela, 1986; Maciel *et. al.*, 1995; Araújo *et al.*, 2011). Foram contabilizadas as operárias saindo do olheiro, voltando com carga e sem carga, na trilha principal do ninho. Esse procedimento foi realizado em cada ninho durante 5 minutos em intervalos aproximados de 90 minutos. Após a contagem foram registradas a temperatura e umidade relativa do ar próximas ao olheiro para se efetuar a correlação da atividade de forrageamento com as condições climáticas.

## **2.5. Análise dos resultados**

Foi realizado o teste t ( $\alpha = 0,05$ ) para avaliação da correlação do forrageamento e as variáveis de temperatura e umidade. Para a análise dos dados foi utilizado o freeware de estatística R Development Core Team 2008.

Os demais resultados deste trabalho foram dados descritivos e de observação de campo.

## **3. RESULTADOS**

### **3.1. Levantamento e mapeamento dos ninhos**

Foram encontrados 473 ninhos de *A. rugosus* distribuídos em uma área de aproximadamente 28 hectares, sendo encontrados em média 16,89 ninhos/hectare (Figura 1). A área de maior concentração de ninhos foram os bairros mais novos da cidade como o Nossa Senhora Aparecida, Dona Suzana e Califórnia, sempre associados a maior quantidade de lotes vagos e de construções recentes.

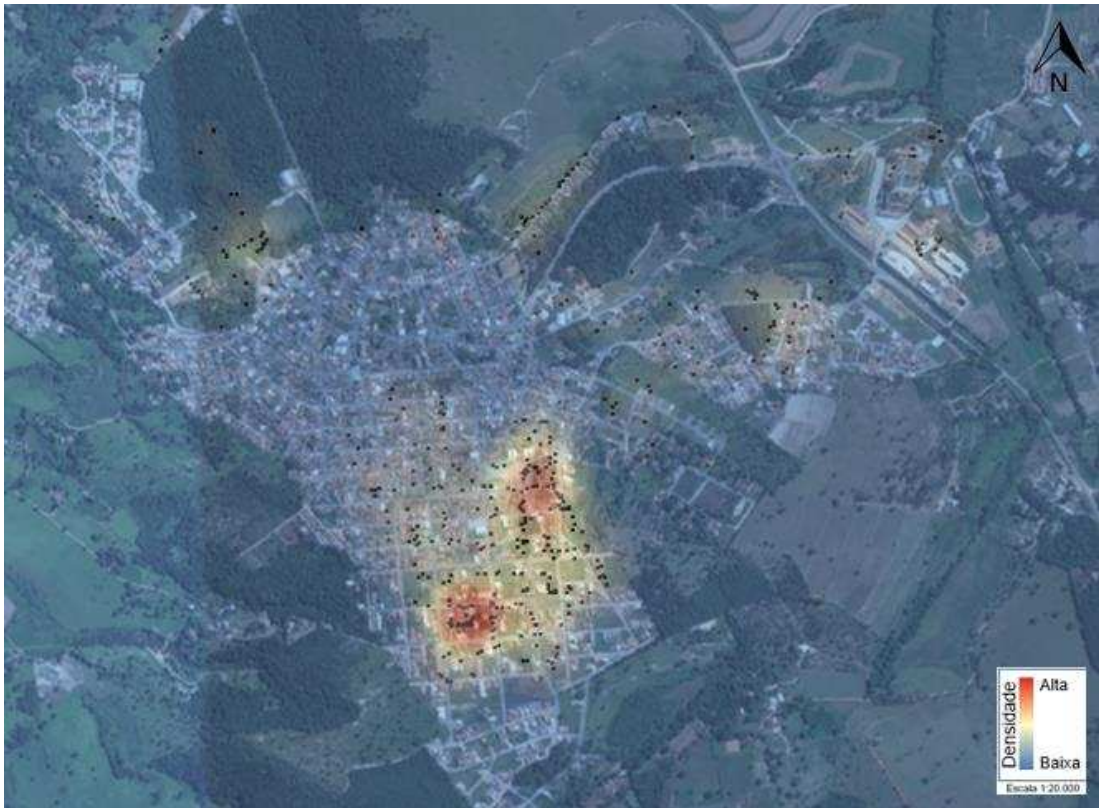


Figura 1. Mapa de distribuição de ninhos de *A. rugosus* nos bairros amostrados em Florestal – MG. Os pontos pretos são os ninhos georeferenciados.

### 3.2. Aspectos externos dos ninhos e ecológicos de *A. rugosus*

As colônias de *A. rugosus* (Figura 2) foram encontradas inseridas em fendas nos passeios, alicerces de edificações, abaixo de entulho de construção e em meio a capinzais. Sua localização é facilitada pelo solo exposto próximo ao olheiro em função da abertura de suas câmaras. Externamente os ninhos apresentaram número de olheiros variando de 1 até 13, média  $2,93 \pm 3,33$  olheiros por ninho. Aproximadamente metade dos ninhos apresentaram terra solta próxima ao olheiro, entretanto, os demais ninhos apresentaram olheiros inconspícuos e sempre protegidos por gramíneas ou por folhas secas.

As trilhas encontradas se estendiam em média  $22,5 \pm 5,13$  metros, a maior distância observada de forrageamento foi de 97 metros, sendo observado em alguns ninhos o compartilhamento de recurso, sem ocorrer agressão entre as operárias de colônias distintas.



Figura 2. Aspecto externo do ninho de *A. rugosus* localizado em passeio. Foto: Marco Antônio de Oliveira.

O forrageamento das operárias em campo apresentou variações, sendo transportado para dentro do ninho restos de alimentos jogados na rua, material retirado de lixeiras, cascas de frutas, sementes de mamona, abóbora e laranja, flores, material seco e partes vegetais diversos. Foi também observada a raspagem de caules de várias plantas, principalmente de maracujá, levando-as a morte. Vegetais pertencentes as famílias Aizoaceae, Marattiaceae, Amaranthaceae, Metastomateceae, Bignonaceae, Moraceae, Brassica, Passifloraceae, Caryophyllaceae, Rosaceae, Cucurbitaceae, Rutaceae, Euphorbiaceae, Salicaceae, Fabaceae e Solanaceae, tiveram representantes utilizadas no forrageamento das formigas (Figura 3). Na família Euphorbiaceae, observeu-se que a planta conhecida popularmente como “planta da montanha”, suas sementes foram dispersas por *A. rugosus*.



Figura. 3. Plantas cortadas por *A. rugosus*, (A) árvore em via urbana desfolhada totalmente – Família Leguminosae (B) folhas de *Citrus* sp. (C) Forrageamento sobre frutas, laranja (D) *Abelmoschus esculentus* (E) *Piper* sp. (F) *Hibiscus* sp. Fotos: Marco Antônio de Oliveira.

Um comportamento que chamou atenção nessa espécie foi a aglomeração das operárias durante todo o período de forrageamento próximo aos olheiros, não havendo deslocamento destas formigas para as trilhas. (Figura 4).



Figura 4. Aglomeração próxima ao olheiro de operárias de *A. rugosus*. Foto: Gustavo Henrique Machado.

Durante as coletas e levantamentos de campo foi coletado todo o material encontrado próximo ao ninho ou associado às formigas sendo encontrado representantes dos vertebrados e invertebrados. A aranha pertencendo a família Linyphiidae (Figura 5-A), foi observada capturando indivíduos na trilha bem como lagartixas domésticas *Hemidactylus mabouia*.

Os besouros da espécie *Lobopoda opacicollis* (Tenebrionidae) foram encontrados nas trilhas e próximos aos olheiros, entrando e saindo das colônias sem desencadear comportamentos de agressividade das formigas (Figura 5-B).

Foram encontrados dois representantes da ordem Diptera, sendo uma mosca da família Fanniidae (Figura 5-C) visitando os olheiros e o parasitoide *Apocephalus* sp. (Phoridae) (Figura 5-D).



Figura. 5. Invertebrados associados aos ninhos de *A. rugosus*. (A) Aranha observada predando formigas próxima ao olheiro. Foto: Gustavo Henrique Machado. (B) Besouro *Lobopoda opacicollis* próximos ao olheiro do ninho. Foto: Bugguide.net. (C) Mosca *Fannia* spp. Foto: Dipterainfo.com (D) *Apocephalus* sp. Foto: Gustavo Henrique Machado dos Santos.

O período reprodutivo de *A. rugosus* na região de Florestal – MG foi definido com o aparecimento da casta reprodutiva nos olheiros ou em suas imediações, ocorrendo nas primeiras chuvas do mês de setembro e se estendendo até as primeiras semanas de dezembro em 2016. Não foi identificado o horário da revoada para essa espécie e nem atividade de enxameamento. Machos e fêmeas saíam dos ninhos por volta das 19hs e permaneciam na borda do olheiro até as 22h, posteriormente, muitas retornavam para dentro do ninho. Nesse período é comum a observação de fêmeas com ou sem asas se deslocando nas trilhas de forrageamento ou sendo carregadas por operárias. Foi observada uma fêmea dealada forrageando conjuntamente com as operárias. Após o período reprodutivo foi observado grande número de operárias mínimas nas trilhas de forrageamento e uma queda na atividade de corte de algumas colônias monitoradas. Foi detectada a ocorrência da migração de algumas colônias

ao longo o ano, porém o transporte externo de micélio do fungo ou de formas imaturas não foi presenciada durante as observações.

### **3.3. Atividades de forrageamento**

Foi observada que as atividades de forrageamento de *A. rugosus* na região de Florestal ocorrem à noite durante todas as estações do ano. A atividade das formigas se iniciou ao entardecer, entre 16:00 – 18:00h, se estendendo em média por 12h ininterruptas (Figuras 6 a 14) com vários picos de atividade ao longo da noite. Os ninhos selecionados foram monitorados durante o dia, não apresentando atividade de forrageamento.

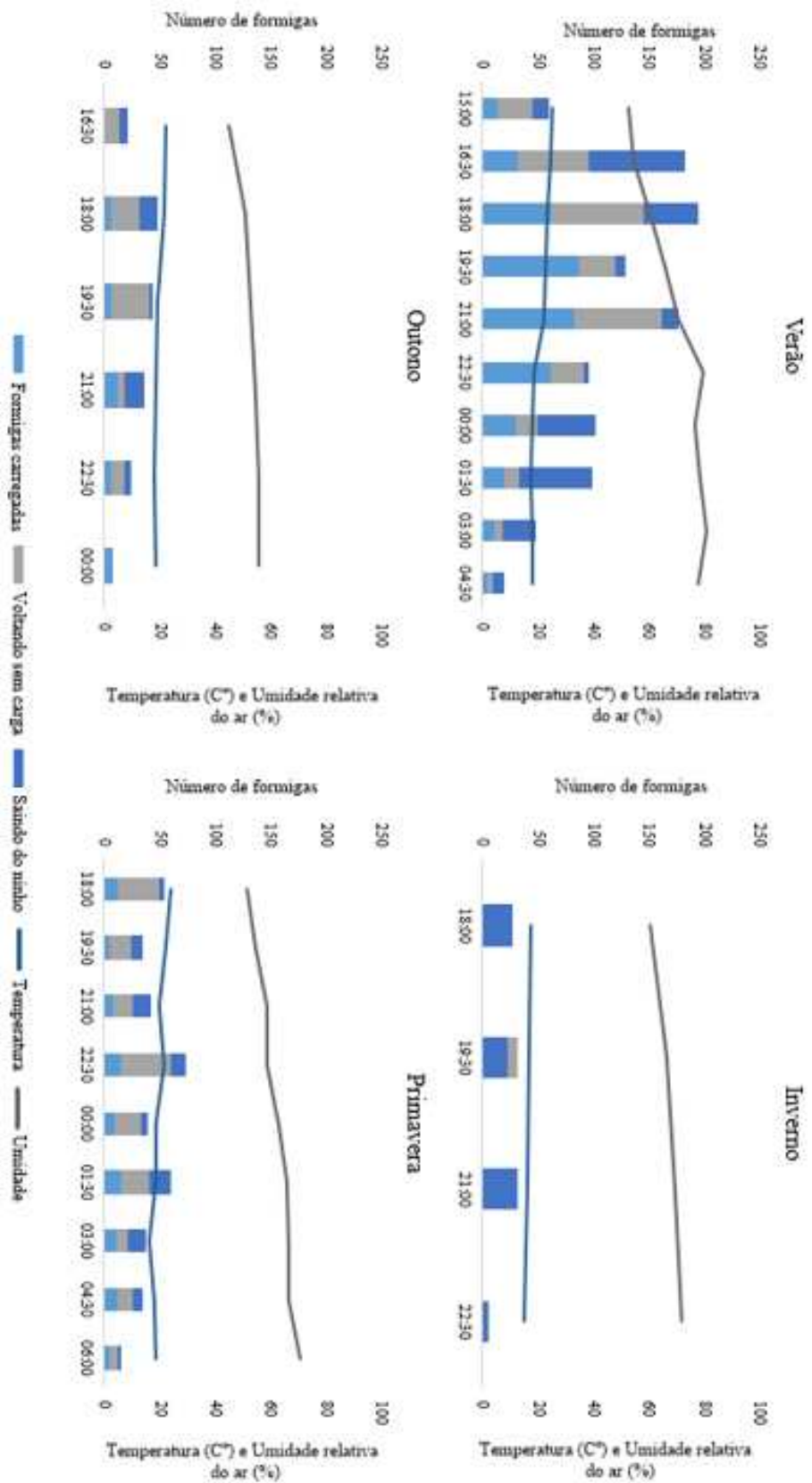


Fig. 6. Colônia 1 - Ritmo diário da atividade de forrageamento da colônia 1 de *A. rugosus* na área urbana de Florestal-MG, 2016, nas quatro estações do ano, em função da temperatura e umidade relativa.

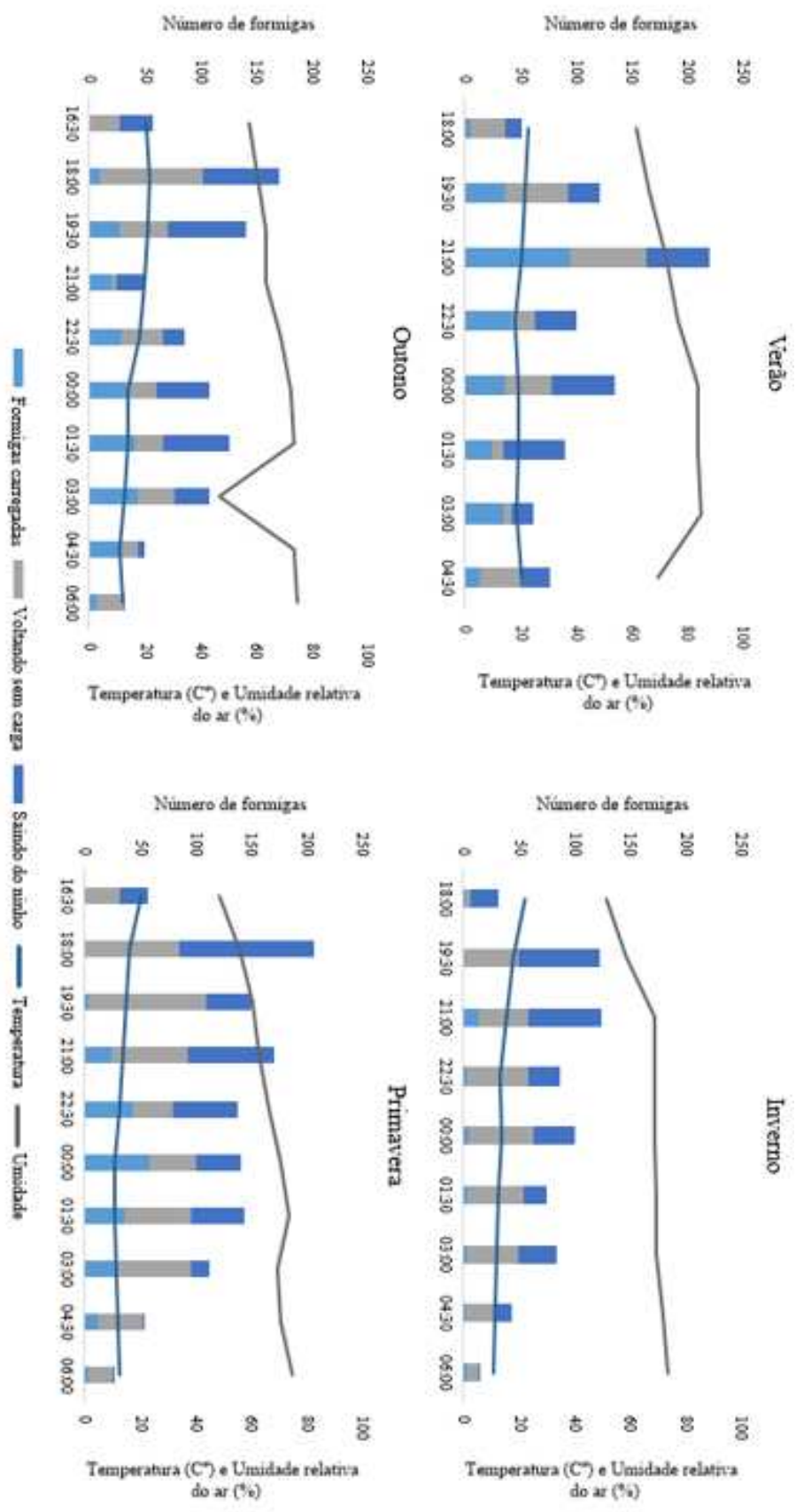


Fig. 7. Colônia 2 - Ritmo diário da atividade de forrageamento da colônia 2 de *A. ruginosus* na área urbana de Florestal-MG, 2016, nas quatro estações do ano, em função da temperatura e umidade relativa.

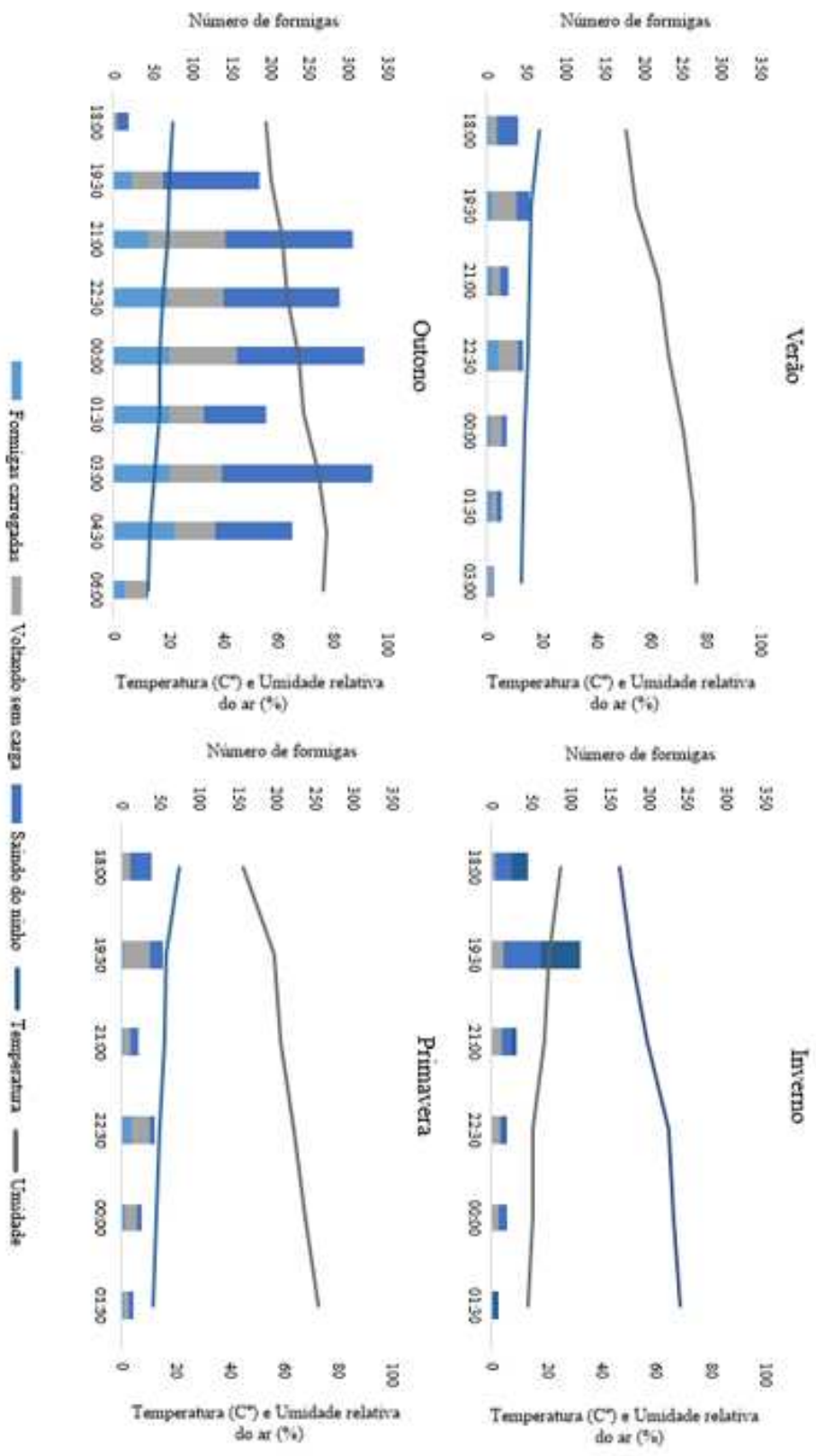


Fig. 8. Colônia 3 - Ritmo diário da atividade de forrageamento da colônia 3 de *A. rugosus* na área urbana de Florestal-MG, 2016, nas quatro estações do ano, em função da temperatura e umidade relativa.

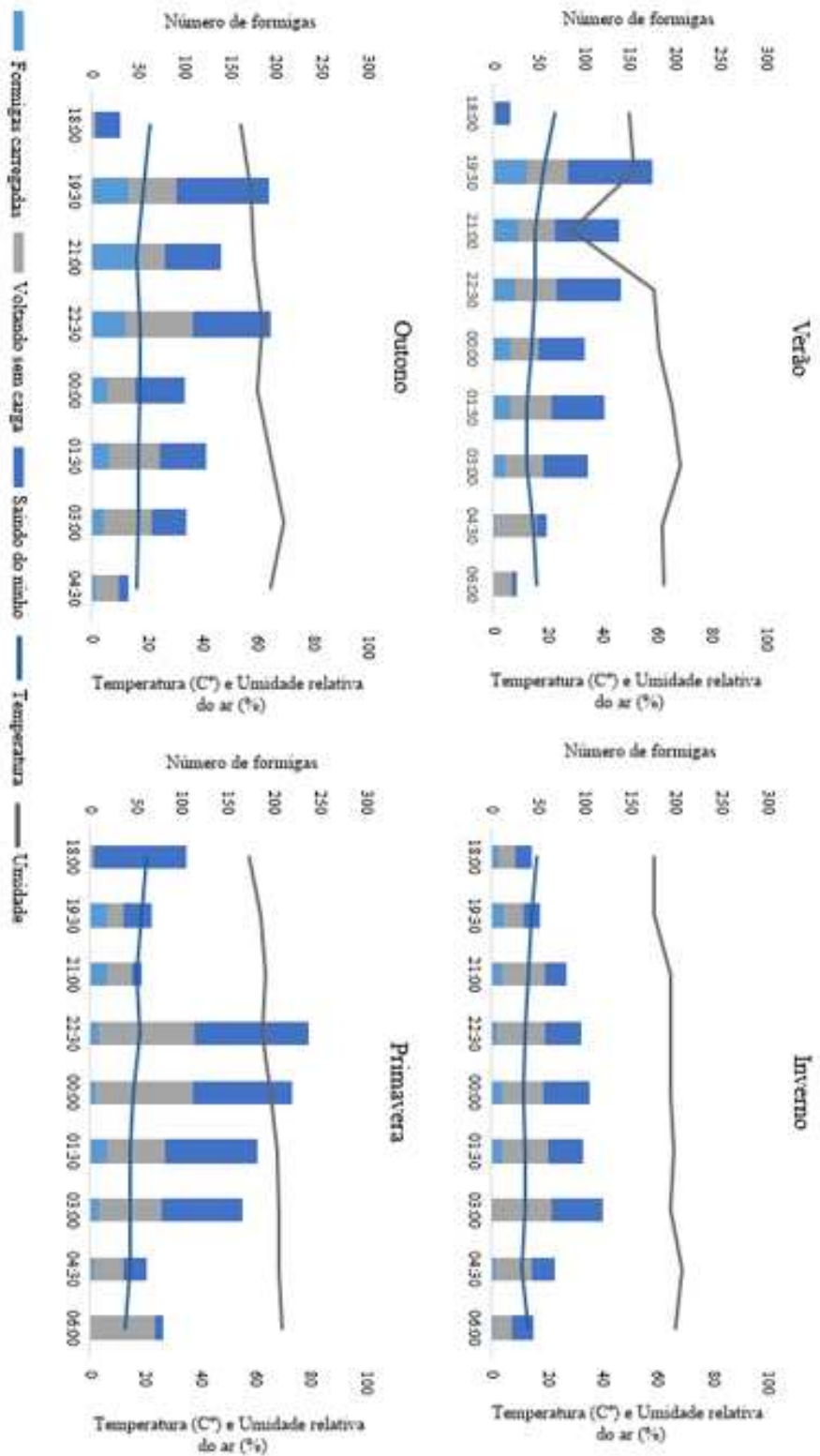


Fig. 9. Colônia 4 - Ritmo diário da atividade de forrageamento da colônia 4 de *F. ruginosa* na área urbana de Florestal-MG, 2016, nas quatro estações do ano, em função da temperatura e umidade relativa.

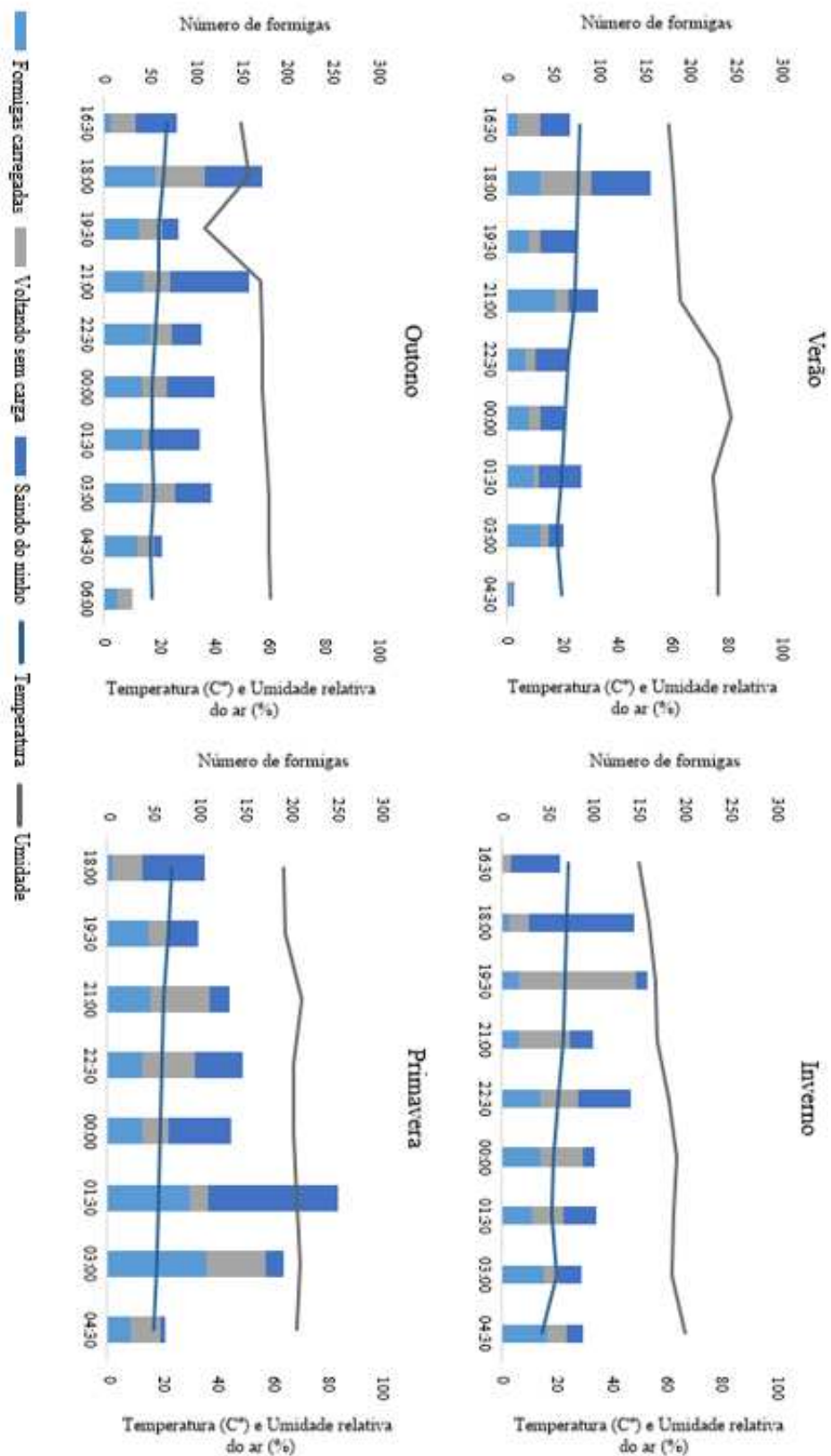


Fig. 10. Colônia 5 - Ritmo diário da atividade de forrageamento da colônia 5 de *A. rugosus* na área urbana de Florestal-MG, 2016, nas quatro estações do ano, em função da temperatura e umidade relativa.

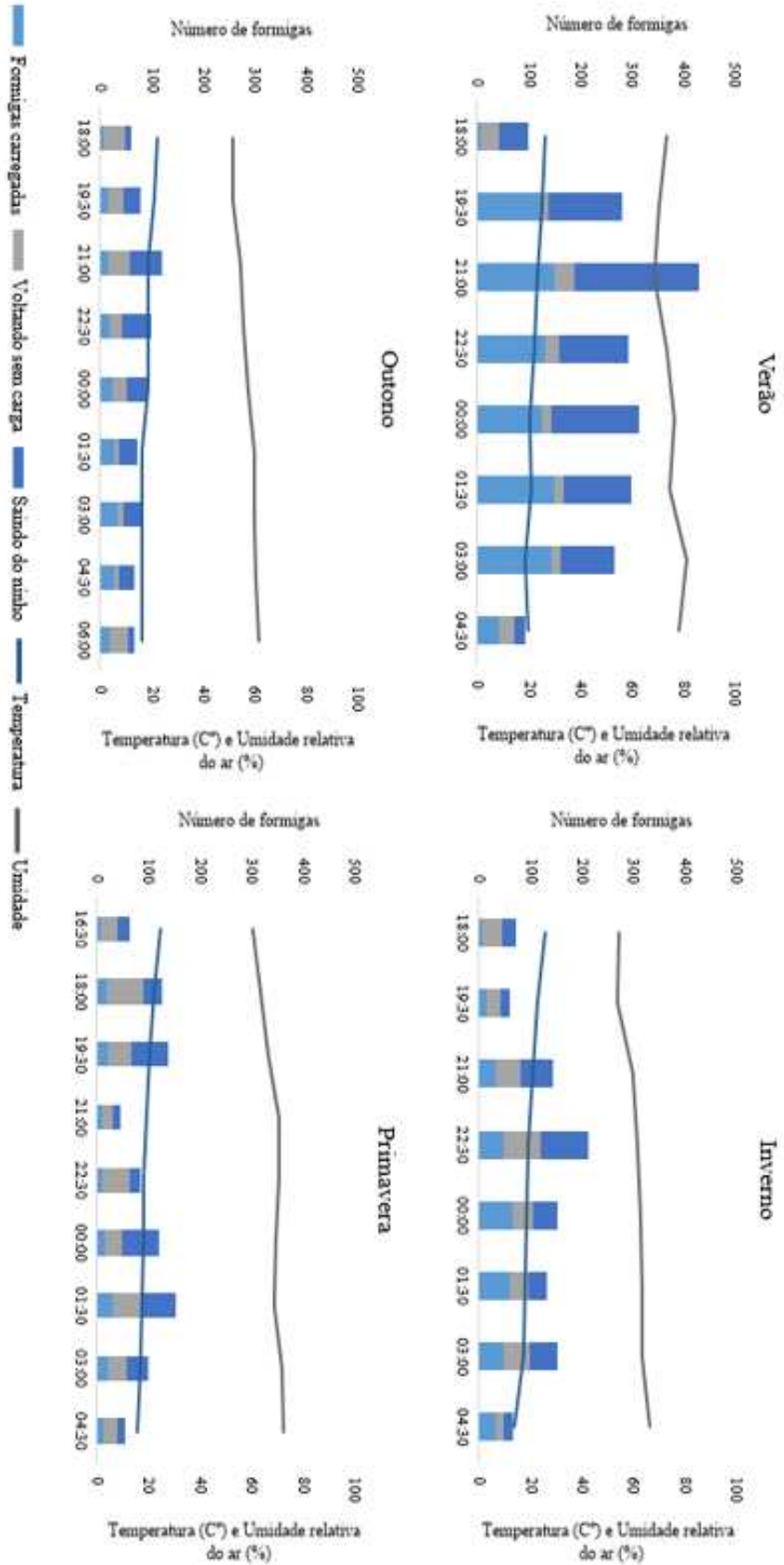


Fig. 11. Colônia 6 - Ritmo diário da atividade de forrageamento da colônia 6 de *A. rugosus* na área urbana de Florestal-MG, 2016, nas quatro estações do ano, em função da temperatura e umidade relativa.

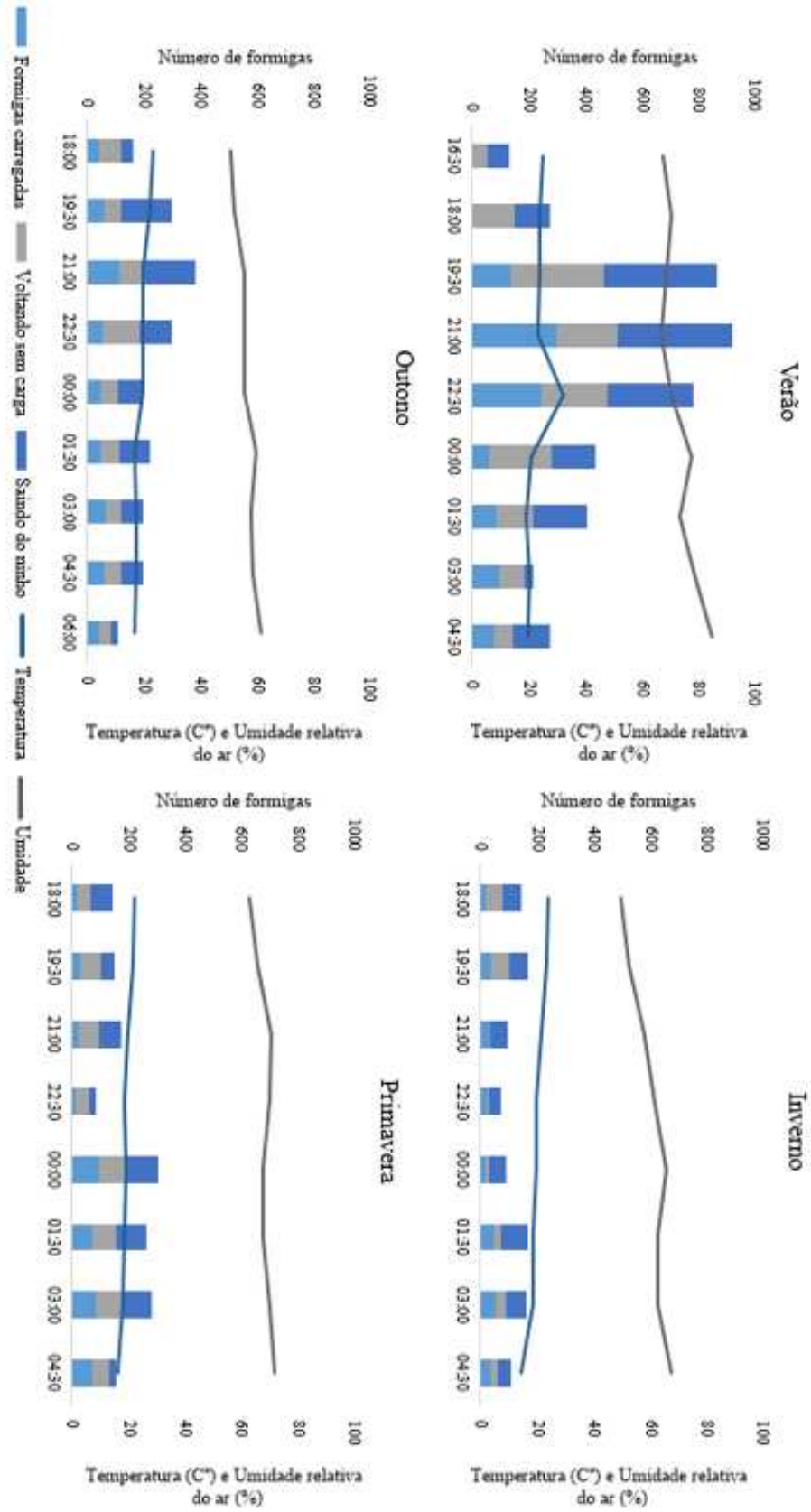


Fig. 12. Colônia 7 - Ritmo diário da atividade de forrageamento da colônia 7 de *A. rugosus* na área urbana de Florestal-MG, 2016, nas quatro estações do ano, em função da temperatura e umidade relativa.

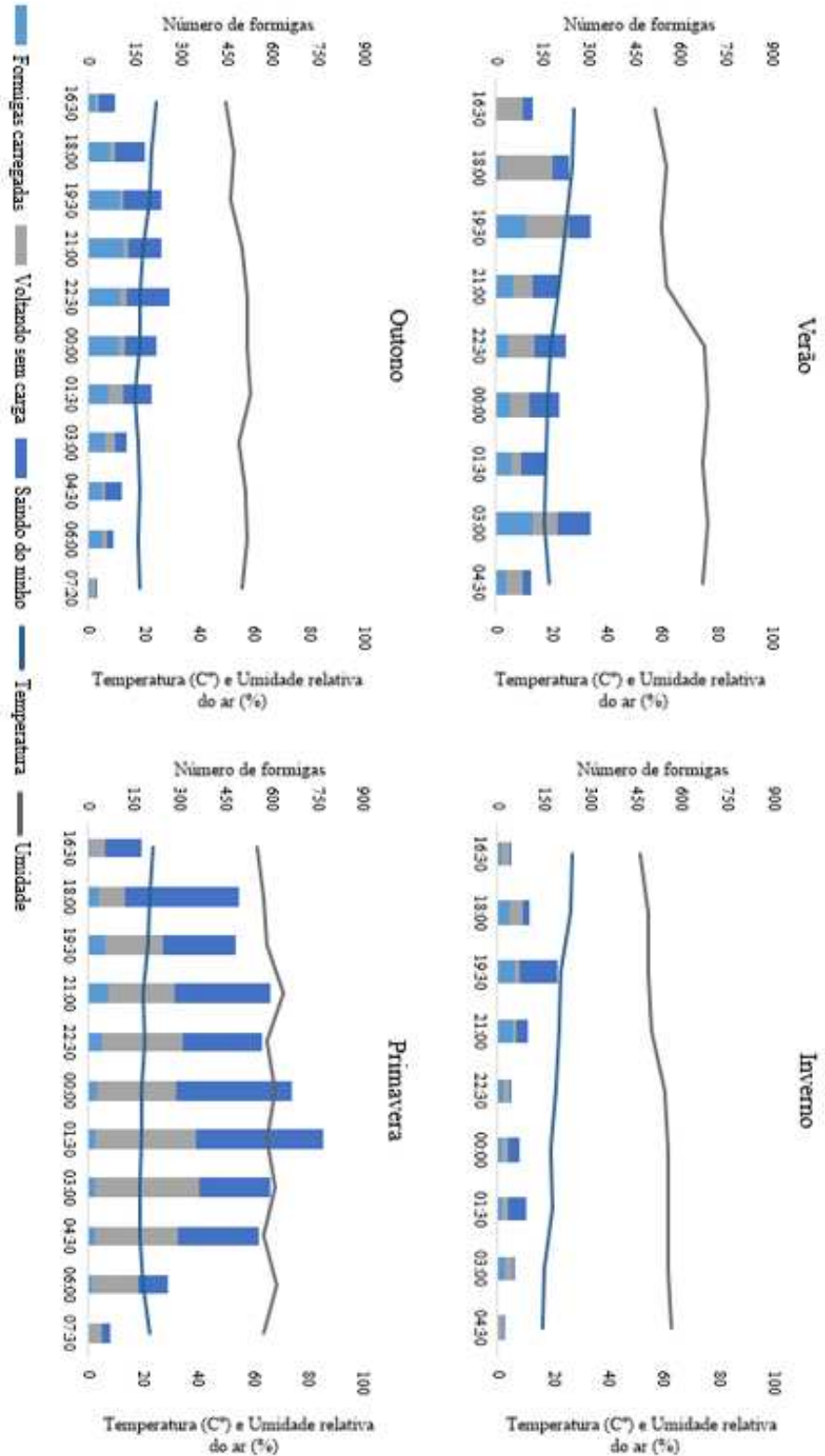


Fig. 13. Colônia 8 - Ritmo diário da atividade de forrageamento da colônia 8 de *A. ruginosus* na área urbana de Florestal-MG, 2016, nas quatro estações do ano, em função da temperatura e umidade relativa.

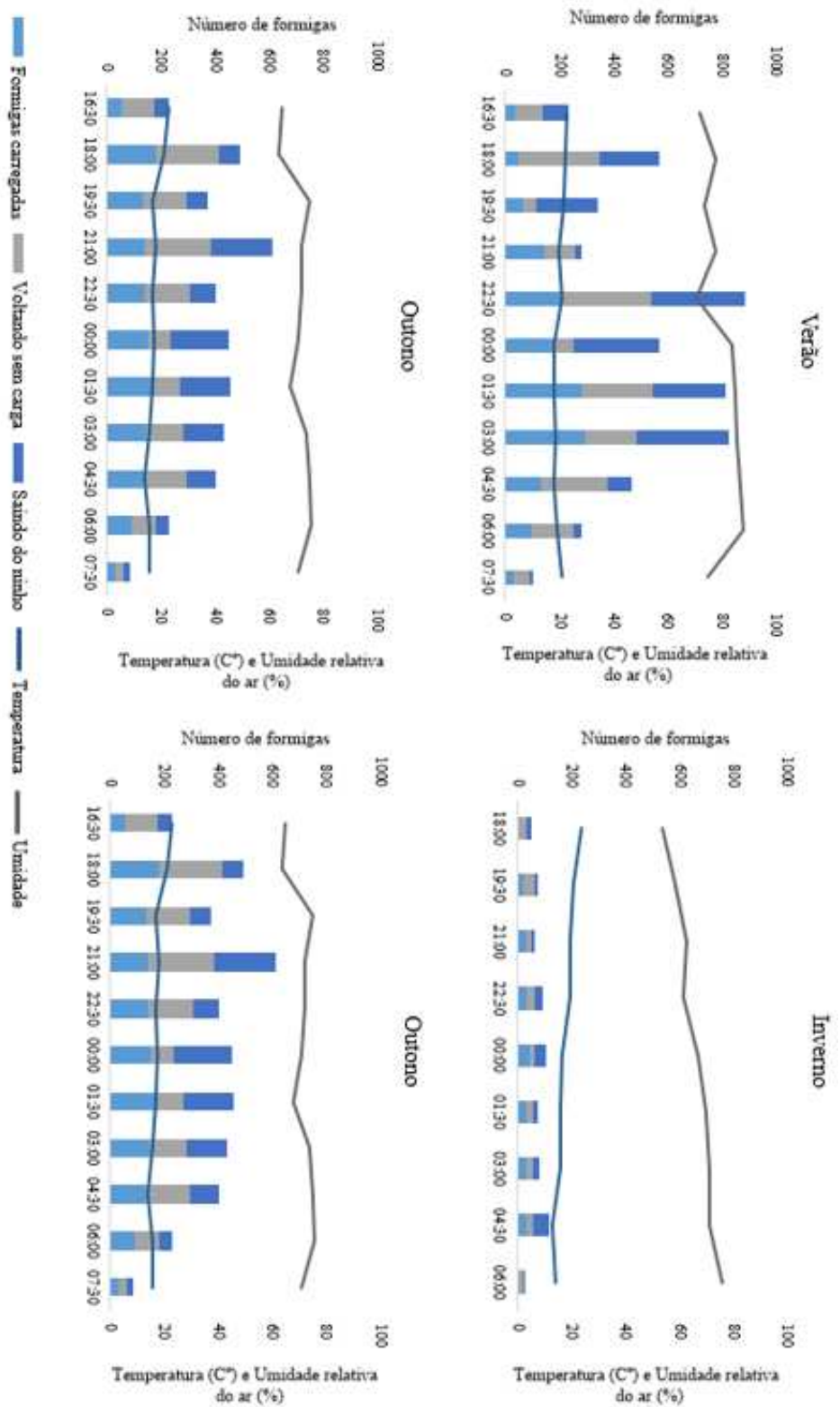


Fig. 14. Colônia 9 - Ritmo diário da atividade de forrageamento da colônia 9 de *A. ruginosus* na área urbana de Florestal-MG, 2016, nas quatro estações do ano, em função da temperatura e umidade relativa.

Os ninhos apresentaram maior fluxo de formigas nas trilhas nas estações do verão e primavera, sendo que um único ninho apresentou maior fluxo no outono (Tabela 2).

Tabela 2. Números totais da contagem de operárias transitando nas trilhas dos nove ninhos acompanhados durante o ano. Marcação com (\*) na estação de maior movimentação.

	Colônia 1	Colônia 2	Colônia 3	Colônia 4	Colônia 5	Colônia 6	Colônia 7	Colônia 8	Colônia 9
Verão	1115*	860	223	893	677	2086*	4313*	1902	5393*
Outono	183	933	1928*	929	1038	743	2053	1789	4197
Inverno	114	690	240	713	989	1001	991	726	710
Primavera	394	1207*	204	1181*	1125*	891	1569	5265*	1388

Na observação de forrageamento no inverno foi observado menor número de formigas percorrendo as trilhas, sendo registrado o limiar de 5°C para a interrupção do forrageamento. Enquanto a temperatura máxima para a ocorrência dos cortes foi aproximada dos 34°C. O efeito das variáveis de temperatura e umidade relativa próximo a trilha com o número total de formigas observadas durante o forrageamento (carregadas, saindo do ninho e retornando sem carga), ao longo das estações do ano está ilustrado na Tabela 3. Não foi verificada mudança no padrão de atividade das formigas em função da temperatura e umidade relativa do ar durante as observações de campo.

Foram observadas, com frequência, formas aladas saindo dos olheiros e retornando ao ninho e também movimentando nas trilhas, inclusive com o desempenho de atividade de forrageamento, dos meses de agosto a setembro.

Tabela 3: Avaliação do efeito das condições ambientais (temperatura e umidade relativa) sobre o número total de fêmeas observadas (carregadas, saindo e voltando). Teste t para duas médias ( $p = 0,05$ ). O valor de  $r$  indica a correlação entre os dados, sendo valores próximos de -1 correlação negativa e valores próximos a 1 correlação positiva. Correlação com valores significativos marcados com (\*)

	Colônia		Colônia		Colônia		Colônia		
	$r$	p	$r$	p	$r$	p	$r$	p	
Temperatura	1	-0,257	0,145	1	0,378	0,000*	1	0,136	0,001*
	2	0,562	0,000*	2	0,247	0,069	2	0,846	0,161
	3	0,630	0,027	3	-0,076	0,000*	3	0,590	0,198
	4	-0,335	0,000*	4	0,059	0,000*	4	-0,273	0,000*
	5	0,580	0,003*	5	0,372	0,000*	5	0,255	0,000*
	6	-0,020	0,000*	6	0	0,000*	6	0,366	0,007*
	7	0,416	0,001*	7	0,287	0,000*	7	0,225	0,000*
	8	-0,077	0,000*	8	-0,077	0,000*	8	-0,223	0,000*
	9	-0,344	0,001*	9	-0,206	0,002*	9	-0,671	0,000*
Umidade	1	-0,099	0,002*	1	-0,506	0,109	1	-0,049	0,049*
	2	-0,475	0,078	2	-0,126	0,019*	2	-0,520	0,018*
	3	-0,778	0,011*	3	0,156	0,005*	3	-0,713	0,343
	4	-0,212	0,000*	4	-0,062	0,000*	4	0,040	0,186
	5	-0,569	0,753	5	-0,006	0,006*	5	-0,099	0,001*
	6	-0,012	0,000*	6	0,154	0,001*	6	-0,439	0,249
	7	-0,486	0,003*	7	-0,376	0,000*	7	-0,396	0,003*
	8	-0,450	0,002*	8	-0,450	0,002*	8	0,377	0,100
	9	-0,231	0,057	9	0,008	0,039*	9	0,367	0,144
Verão	1	-0,099	0,002*	1	-0,506	0,109	1	-0,049	0,049*
	2	-0,475	0,078	2	-0,126	0,019*	2	-0,520	0,018*
	3	-0,778	0,011*	3	0,156	0,005*	3	-0,713	0,343
	4	-0,212	0,000*	4	-0,062	0,000*	4	0,040	0,186
	5	-0,569	0,753	5	-0,006	0,006*	5	-0,099	0,001*
	6	-0,012	0,000*	6	0,154	0,001*	6	-0,439	0,249
	7	-0,486	0,003*	7	-0,376	0,000*	7	-0,396	0,003*
	8	-0,450	0,002*	8	-0,450	0,002*	8	0,377	0,100
	9	-0,231	0,057	9	0,008	0,039*	9	0,367	0,144
Outono	1	-0,099	0,002*	1	-0,506	0,109	1	-0,049	0,049*
	2	-0,475	0,078	2	-0,126	0,019*	2	-0,520	0,018*
	3	-0,778	0,011*	3	0,156	0,005*	3	-0,713	0,343
	4	-0,212	0,000*	4	-0,062	0,000*	4	0,040	0,186
	5	-0,569	0,753	5	-0,006	0,006*	5	-0,099	0,001*
	6	-0,012	0,000*	6	0,154	0,001*	6	-0,439	0,249
	7	-0,486	0,003*	7	-0,376	0,000*	7	-0,396	0,003*
	8	-0,450	0,002*	8	-0,450	0,002*	8	0,377	0,100
	9	-0,231	0,057	9	0,008	0,039*	9	0,367	0,144
Primavera	1	-0,099	0,002*	1	-0,506	0,109	1	-0,049	0,049*
	2	-0,475	0,078	2	-0,126	0,019*	2	-0,520	0,018*
	3	-0,778	0,011*	3	0,156	0,005*	3	-0,713	0,343
	4	-0,212	0,000*	4	-0,062	0,000*	4	0,040	0,186
	5	-0,569	0,753	5	-0,006	0,006*	5	-0,099	0,001*
	6	-0,012	0,000*	6	0,154	0,001*	6	-0,439	0,249
	7	-0,486	0,003*	7	-0,376	0,000*	7	-0,396	0,003*
	8	-0,450	0,002*	8	-0,450	0,002*	8	0,377	0,100
	9	-0,231	0,057	9	0,008	0,039*	9	0,367	0,144

#### 4. DISCUSSÃO

A densidade de ninhos (16,89/ha) encontrados na área urbana de Florestal-MG, pode ser considerada alta, quando comparada com 6,14 em plantio de *Eucalyptus grandis*, na região de Belo Oriente-MG (Campos-Pereira *et al.*, 1999) e de 6,36 ninhos/ha em plantio de *Eucalyptus* spp., na região de Telêmaco Borba no Paraná (Roglin *et al.*, 2013), apesar de serem ambientes distintos.

Essa alta densidade de ninhos em áreas urbanas pode estar associada a inexistência de predadores naturais e ou a ausência do controle químico. O controle químico com iscas granuladas tem sido ineficiente, isto porque o tamanho dos grânulos dificulta o seu transporte por parte das operárias de *A. rugosus*. Já o uso da formulação de pó-seco para ninhos maiores também se tem mostrado ineficaz em função da estrutura interna dos ninhos. Nestas duas formulações de produtos químicos utilizadas foi observado de forma preliminar em campo o amuamento destes ninhos e o retorno de sua atividade após alguns meses. Neste trabalho em escavações preliminares na região de Florestal- MG, foi observado uma profundidade de 2m para os ninhos mais velhos e de 0,3m para ninhos menores. Os registros anteriores para os ninhos desta espécie eram de 0,4m (Gonçalves, 1961; Navarro & Jaffé, 1985). Também Verza *et al.* (2007) avaliando ninhos de *A. rugosus* encontrou de 14 a 26 câmaras sendo algumas superficiais com 6 cm e outras atingindo até 3,75 m. Já Soares *et al.* (2006) encontrou de 1 a 9 câmaras com profundidades de 0,70 a 1,85m.

Foi observado que *A. rugosus* tem capacidade de selecionar as plantas disponíveis no ambiente para o forrageamento e transportar para dentro do ninho uma grande quantidade de material seco, restos de alimentos e material orgânico vegetal deixado nas vias de acesso. Os ninhos observados localizados em áreas fora das vias de acesso, como por exemplo, em jardins e hortas, cortaram diversas espécies de plantas ornamentais e frutíferas. O primeiro relato de plantas atacadas por *A. rugosus*, foi descrito por Gonçalves (1961), sendo ampliado por Rando & Rando *et al.*, (2005) que adicionaram: eucalipto (*Eucalyptus* spp.), pinus (*Pinus* spp.), ligustro (*Ligustrum japonicum*), cinamomo (*Melia azedarach*), angico (*Piptadenia macrocarpa*), erva-mate (*Ilex paraguayensis*), videira (*Vitis* spp.), citros (*Citrus* spp.), melancia (*Citrullus lanatus*), morangueiro (*Fragaria vesca*), pitanga (*Eugenia pitanga*), pessegueiro (*Prunus persicae*), nectarina (*Prunus nucipersicae*),

alfavaca (*Ocimum basilicum*), soja (*Glycine max*), mandioca (*Manihot esculenta*), amendoim (*Arachis hypogaea*), milho (*Zea mays*), pastagens, e roseira (*Rosa* sp.). Neste trabalho incorporamos espécies ornamentais como Flamboyant (*Delonix regia*), quaresmeira (*Tibouchina granulosa*) e neve-da-montanha (*Euphorbia leucocephala*).

A dispersão de sementes da planta ornamental Neve-da-montanha (*Euphorbia leucocephala*) por *A. rugosus* foi observada apesar das formigas não cortarem as folhas da planta adulta e nem atacarem as plântulas germinadas próximas ao ninho, fato associado a presença do látex que dificulta o corte. As flores, quando secas, foram transportadas para dentro do ninho, uma vez que a floração da mesma ocorre no inverno, período onde diminuiriam as fontes de recurso para forrageamento. Essa estratégia de forrageamento é semelhante ao que ocorre em *Atta levigata* (Vasconcelos & Cherret, 1996). O fato de uma grande quantidade de mudas serem observadas sobre a terra solta sobre do ninho, chama a atenção para os mecanismos que estão envolvidos nessa associação para a dispersão das sementes. Uma vez que não se sabe se parte das sementes é utilizada pelas formigas para o cultivo do fungo, ou se é carregada e descartada posteriormente nas adjacências do ninho. Estudos relatam que as formigas removem os diásporos e quando descartam as sementes ocorre a germinação das mesmas nas adjacências dos ninhos (Leal & Oliveira, 1998; Pizo & Oliveira, 1998; Peternelli *et al.* 2003). Esse fato que deverá ser investigado posteriormente em *A. rugosus*.

O número de organismos observados em associação com os ninhos ou trilha de forrageamento de *A. rugosus* foi considerado baixo neste trabalho. O visitante mais assíduo nas trilhas e nos olheiros de forrageamento foi o besouro *Lopopoda opacicollis* (Tenebrionidae) que também tem sido relatado em ninhos de outras formigas- cortadeiras como *A. cephalotes* e *A. mexicana*, onde foi encontrado larvas se alimentando dos detritos depositados nas panelas de lixo (Campbel, 1966; Araújo *et al.*, 2011).

Operárias de *A. rugosus* foram predadas pela aranha *Linyphiidae* sp., a qual visitava as trilhas de forrageamento e capturava operárias, com facilidade em razão do seu tamanho. As aranhas desse gênero são predadoras eficientes de solo e muitas vezes podem usar teias para emboscar suas presas (Sunderland *et al.*, 1986; Araújo *et al.*, 2011).

Outro visitante frequente nos formigueiros foi uma mosca da família Fanniidae (Figura. 5-C). Ela sobrevoava os olheiros e também as trilhas durante o forrageamento. Essas moscas não foram atacadas pelas operárias nem quando entravam dentro do olheiro de forrageamento. Uma vez que as larvas das moscas dessa família são saprófagas ocorrendo em todo tipo de matéria orgânica animal e vegetal em decomposição, em fezes e em fungos (Barták *et al.*, 2014). Provavelmente, as fêmeas podiam estar buscando local para sua oviposição, dentro das panelas de lixo ou fungo. Chillcott (1958, 1961) os representantes de *Fannia* sp. já foram encontrados associados a colmeias de *Apis* sp., provavelmente utilizando descartes dos ninhos para sua oviposição.

A espécie nova de *Apocephalus* (Diptera: Phoridae) foi encontrada em operárias transportadas ao laboratório, com o aparecimento de pupas emergidas a partir de operárias mortas. Entretanto, durante todas as coletas de campo e observações noturnas nenhum parasitoide foi observado sobrevoando a trilha ou olheiro de forrageamento. Este foi o primeiro relato de um forídeo atacando *A. rugosus*. A associação de forídeos e formigas-cortadeiras vem sendo investigada com intuito de avaliar seu potencial para o controle biológico, pois esses insetos além de levarem a formiga à morte, causam modificações comportamentais por interferir no forrageamento alterando o fluxo de formigas na trilha e sua capacidade de corte (Bragança & Tonhasca Jr, 1998; 2002). Em formigas-cortadeiras várias espécies de forídeos foram descritas, principalmente dos gêneros *Apocephalus*, *Myrmosicarius* e *Neodohrniphora*. Na região de Florestal-MG, já se encontrou *Apocephalus excedens* e *Myrmosicarius grandicornis*, (Disney & Bragança, 2014) e *Apocephalus atophilus* e *Eibesfeldtphora tonhascai* (Farder-Gomes *et al.*, 2016), parasitando *Atta sexdens*.

De modo geral existe um conjunto de organismos associados às formigas-cortadeiras que inclui vertebrados, invertebrados, fungos, leveduras e bactérias (Araújo *et al.*, 2011) Estudos devem ser conduzidos visando entender muitas destas relações, que poderão no futuro serem empregadas como mais uma estratégia de controle. Em *A. rugosus*, esse conhecimento ainda é incipiente, havendo apenas um estudo de Verza *et al.* (2007) em São Paulo, o qual encontrou dentro das panelas de lixo: tatu-bolinha (Crustacea: Isopoda), pseudo-escorpiões (Arachnida: Pseudoscorpionida), colembola, ácaros, Diplopoda, Chilopoda, ninfas de percevejos (Heteroptera: Cydnidae), larvas de besouro (Coleoptera: Elateridae) e adultos de besouro (Coleoptera: Scarabaeidae).

O registro do período reprodutivo para *A. rugosus* ocorreu de setembro a dezembro, em 2015 e 2016, sendo na região de Florestal – MG, o período onde se iniciam as primeiras chuvas. Já na região de Ilhéus-Ba este período ocorre de dezembro a março (Soares *et. al.*, 2006). Esta variação já foi observada para outras espécies de do gênero *Acromyrmex* (Kaspari *et al.*, 2001; Torres *et al.*, 2001; Nascimento, 2002), sendo atribuída as variações regionais dentro do bioma tropical como fator determinante para início da reprodução.

Um aspecto ligado a reprodução de *A. rugosus* na região de Florestal-MG, é que durante dois anos de observação não foi possível detectar o enxameamento, de machos e fêmeas saindo dos ninhos. Em dias nublados e com umidade alta foi observada a saída de alados para fora dos olheiros de forrageamento. Esses alados se locomoviam, mas não alçavam voo, circulavam próximo ao ninho e a trilha de forrageamento, sendo observado, em alguns casos seu retorno ao ninho. Tudo isso foi constatado no período noturno e não foi verificado o sincronismo entre colônias.

Foram encontradas formas reprodutivas movimentando nas trilhas juntamente com as operárias. Em um caso foi averiguado um indivíduo carregando folha de quaresmeira para dentro do ninho. Este procedimento não é comum em formigas-cortadeiras, uma vez que a fundação de seus ninhos é claustral (Hölldobler & Wilson, 1990). Entretanto, existem relatos observados em campo de operárias de *Acromyrmex* sp. forrageando, uma hipótese é que estes indivíduos ao perderem as asas e por não estarem fecundadas desempenham tarefas de operárias para permanecer no ninho (Della Lucia & Bento 1993).

*A. rugosus* não foi afetada diretamente pelas variações de temperatura e umidade, sendo o aumento ou diminuição do fluxo de forrageamento associado à fonte de recurso encontrada no momento. Apesar de alguns formigueiros apresentarem correlação positiva com temperatura e umidade em determinada estação, esse padrão não foi mantido na estação subsequente, em condições semelhantes de temperatura e umidade relativa do ar (Tabela 2). Esse fato ocorreu na colônia 3, o qual durante as estações de verão, inverno e primavera apresentou número médio de 223 indivíduos durante as observações. Já no outono, 1928 operárias, fato associado ao encontro de bagaço de cana próximo ao ninho, que manteve um fluxo de formigas constante durante toda a noite. Estudos de forrageamento de formigas-cortadeiras demonstram que as condições do ambiente são importantes (Cherrett, 1972; Hölldobler & Wilson, 1990; Viana-Bailez &

Endringer, 2016). Já Farji-Brener (1993) sugere que as mudanças no comportamento de forrageamento de *A. laevigata* são mais influenciadas pelas necessidades nutricionais da colônia que induzem as operárias a buscar recursos diversos para suprir as necessidades do fungo, e não somente as condições ambientais.

O forrageamento dos ninhos avaliados ocorreu predominantemente à noite, e terminando ao amanhecer. Nas 12 horas em média de forrageamento houve variações intercoloniais, associadas possivelmente a diversos fatores. Verificou-se que os ninhos de *A. rugosus* na região de Florestal apresentam atividade de corte entre 5°C e 34°C. Maciel *et. al.*, (1995) observaram que a espécie *A. subterraneus subterraneus*, na Zona da Mata mineira, parou sua atividade de forrageamento quando a temperatura caiu abaixo dos 14°C. Para *A. crassispinus*, e *A. subterraneus subterraneus* em plantação de *Pinus* spp. em Santa Catarina no sul do país (Nickele *et al.*, 2016) este limiar foi de 10°C, com maior forrageamento na primavera e verão. Já para *Acromyrmex laticeps nigrosetosus*, em Paraopeba-MG, sob temperaturas mais altas a atividade de forrageamento diminuiu e quando a umidade relativa é alta o fluxo de formiga na trilha aumenta. Estes resultados demonstram uma variação muito grande entre as espécies de formigas-cortadeiras e mesmo entre colônias. Também confirma que este processo é complexo e pode alterar em função de um conjunto de fatores que foram abordados em revisão de Viana-Bailez & Endringer, (2016).

Durante todas as estações observou-se um número elevado de operárias voltando sem carga para o ninho, fato esse também relatado por Maciel *et al.*, (1995) para *A. subterraneus subterraneus*. Essas operárias poderiam estar envolvidas em atividades de manutenção da trilha (Howard, 2001), reforçando a aplicação de feromônio de trilha (Evison *et al.*, 2008), auxiliando o recrutamento de novas operárias (Jaffé & Howse, 1979), ou transportando seiva, como sugerido por Littleddyke & Cherrett (1976) para *Atta cephalotes* (Linneaus) e *Acromyrmex octospinosus* (Reich).

Neste estudo não foram obtidos valores de correlações consistentes que permitissem definir um padrão para o forrageamento das colônias selecionadas (Tabela 1). A inexistência de correlação pode ser interpretada como grande capacidade adaptativa da própria espécie *A. rugosus*, a capacidade de forragear em temperaturas altas ou baixas em relação à outras espécies ou ao tamanho da colônia. Além disso, a localização dos ninhos avaliados em área urbana pode ter influenciado

neste padrão, pois os ninhos em ruas, ou mesmo em meio fio ou alicerces de casas, encontram um microclima diferenciado, se comparado com áreas abertas ou de mata. Isto pode ter influenciado os resultados. Nesse caso essas formigas conseguem manter um fluxo de forrageamento se protegendo contra vários fatores que poderiam interferir neste processo.

Os resultados obtidos nesse trabalho acrescentam informações importantes sobre o comportamento da formiga-cortadeira *A. rugosus*, demonstrando uma alta adaptabilidade à área urbana. Podem, ainda, servir de base para investigações sobre estratégias futuras de controle.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, M. S., Pereira, J. M. M., Ribeiro, M. M. R., Oliveira, M. A.** (2011) Predadores e outros organismos associados aos ninhos de formigas-cortadeiras. Em formigas-cortadeiras da bioecologia ao manejo. Terezinha M.C. Della Lucia. Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo. 311-320.
- Barták, M., Preisler, J., Kubík, S., Sulaková, H., Sloup V.** (2014) Fanniidae (Diptera): new synonym, new records and an updated key to males of European species of *Fannia*. ZooKeys v. 593, 91–115.
- Bragança, M. A. L., Tonhasca Jr, A., & Della Lucia, T. M. C.** (1998) Reduction in the foraging activity of the leaf cutting ant *Atta sexdens* caused by the phorid *Neodohrniphora* sp. Entomologia Experimentalis et Applicata v. 89, 305-311.
- Bragança, M. A. L., Tonhasca Jr, A., Moreira, D. D. O.** (2002) Parasitism characteristics of two phorid fly species in relation to their host, the leaf-cutting ant *Atta laevigata* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). Neotropical Entomology v. 31, 241- 244.
- Britto J. S, Forti L. C., Oliveira, M. A., Zanetti, R., Wilcken C. F, Zanuncio J. C., Loeck, A. E., Caldato N., Nagamoto N., Lemes, P. G. & Camargo R. S.** (2016) Use of alternatives to PFOS, its salts and PFOSF for the control of leaf-cutting ants *Atta* and *Acromyrmex*. International Journal of Research in Environmental Studies v. 3, 11-92.
- Bugguide** (2017) Disponível online em: <http://bugguide.net/>. Acessado em 20 de janeiro de 2017.
- Campbell, J. M.** (1966) A revision of the genus *Lobopoda* (Coleoptera: Alleculidae) in North America and the West Indies. III Biological Monographies v. 37, 203.
- Campos-Pereira, R., Della Lucia, T. M. C., Mayhé-Nunes, A.** (1999) Survey of Attini (Hymenoptera: Formicidae) in *Eucalyptus grandis* ex Maiden Plantations in Minas Gerais, Brasil. Revista Árvore, Viçosa v. 23, 341- 350.
- Cherrett, J. M.** (1972) Some factors involved in the selection of vegetable substrate by *Atta cephalotes* (Linnaeus) (Hymenoptera: Formicidae) in tropical rain forest. Journal of Animal Ecology v. 41, 647-660.
- Chillcott, J. G.** (1958) Two new species of *Euryomma* (Stein) (Muscidae: Diptera) from Panama. The Canadian Entomologist v. 90, 725–731.

- Chillcott, J. G.** (1961) A revision of the Nearctic species of Fanniinae (Diptera: Muscidae). Canadian Entomologist Supplement v.14, 1–295.
- Delabie, J. H. C., Nascimento, I. C., Fonseca, E., Sgrilo, R. B., Soares, P. A. O., Casimiro, A. B. & Furst, M.** (1997) Biogeografia das formigas-cortadeiras (Hymenoptera; Formicidae; Myrmicinae; Attini), de importância econômica no leste da Bahia e nas regiões periféricas dos estados vizinhos. *Agrotrópica* v. 9, 49–58.
- Della Lucia, T. M. C., Bento, J. M.** (1993) Vôo nupcial ou revoada. Em *As formigas-cortadeiras*, Della Lucia, T. M. C. Viçosa-MG: Folha de Viçosa, 54-59.
- Della Lucia, T. M. C., Gandra, L. C., & Guedes, R. N.** (2014) Managing leaf cutting ants: peculiarities, trends and challenges. *Pest Management Science* v. 70, 14-23.
- Della Lucia, T. M. C., Vilela, E. F.** (1986) Ocorrência de poliginia em *Acromyrmex subterraneus* Forel, 1893. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* v.15, 379-380.
- Disney, R. H. L., Bragança, M. A. L.** (2014) New records, including a new species, of scuttle flies (Diptera: Phoridae) associated with leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazil. *Sociobiology* v. 61, 341-344.
- Elizalde, L., Queiroz, J. M.** (2013) Parasitoids of *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) leaf-cutting ants in continuous and fragmented Atlantic Forest. *Sociobiology* v. 60, 397-404.
- Evison, S. E. F., Hart, A. G. & Jackson, D. E.** (2008) Minor workers have a major role in the maintenance of leafcutter-ant pheromone trails. *Animal Behaviour* v. 75, 963–969.
- Farder-Gomes, C. F., Oliveira, M. A., Gonçalves, P. L., Gontijo, L. M., Zanuncio, J. C., Bragança, M. A. L. & Pires, E. M.,** (2016) Reproductive ecology of phorid parasitoids in relation to the head size of leaf-cutting ants *Atta sexdens* Forel, *Bulletin of Entomological Research* v. 98, 1–6.
- Farji-Brener, A. G.,** (1993) Influence of seasonality on the foraging rhythms of *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) in a tropical savanna. *Revista de Biología Tropical* v. 41, 897-899.
- Farji-Brener, A. G.; Corley, J. C.** (1998) Successful invasions of hymenopteran insects into NW Patagonia. *Ecologia Austral* v.8, 237-249.
- Forti, L. C., Rinaldi, I. M. P., Camargo, R. S. & Fujihara, R. T.** (2012). Predatory Behavior of *Canthon virens* (Coleoptera: Scarabaeidae): A predator of leaf-cutter ants. *Psyche: A journal of Entomology* v. 2012, 1-5.

- Fowler, H. G.** (1992) Patterns of colonization and incipient nest survival in *Acromyrmex niger* and *Acromyrmex balzani* (Hymenoptera: Formicidae). *Insectes Sociaux* v. 39, 347-350
- Fowler, H. G., Forti, L. C., Brandão, C. R. F., Delabie, J. H. C., Vasconcelos, H. L.** (1991) Ecologia nutricional de formigas. Em *As formigas-cortadeiras*. Della Lucia T. M. C. 131-209.
- Gonçalves, C. R.** (1961) O gênero *Acromyrmex* no Brasil (Hymenoptera: Formicidae). *Studia Entomologica* v. 4, 113-180.
- Hölldobler, B., Wilson, E. O.** (1990) *The ants*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 732.
- Howard, J.J.** (2001) Costs of trail construction and maintenance in the leaf-cutting ant *Atta columbica*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 49, 348–356.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)** (2015) Disponível online em <http://cod.ibge.gov.br/DXB>. Acessado em 11 de dezembro 2015.
- Instituto Nacional De Meteorologia (INMET)** (2017) Disponível online: <http://www.inmet.gov.br/>. Acessado em 05/01/2017.
- Jaffé, K., Howse, P. E.** (1979) The mass recruitment system of the leaf cutting ant, *Atta cephalotes* (L.). *Animal Behavior*. 27, 930–939.
- Kaspari, M., Pickering, J. & Windsor, D.** (2001) The reproductive flight phenology of a neotropical ant assemblage. *Ecological Entomology* v. 26, 245-257.
- Leal, I. R. & Oliveira, P. S.** (1998) Interactions between fungus-growing ants (Attini), fruits and seeds in Cerrado vegetation in southeast Brazil. *Biotropica* v. 30,170-178.
- Littledyke, M., Cherrett, J. M.** (1976) Direct ingestion of plant sap from cut leaves by the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (Linnaeus) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Formicidae: Attini). *Bulletin of Entomological Research* v. 66, 205-217.
- Maciel, M. A. F., Della Lucia, T. M. C., Araújo, M. S., Oliveira, M. A.** (1995) Ritmo diário de forrageamento da formiga cortadeira *Acromyrmex subterraneus subterraneus* Forel. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* v. 24, 371-378.
- Mattoso T. C., Moreira D. D. O. & Samuels R. I.** (2012). Symbiotic bacteria on the cuticle of the leafcutting ant *Acromyrmex subterraneus subterraneus* protect workers from attack by entomopathogenic fungi. *Biology Letters* v. 8, 461-464.
- Mehdiabadi, N. J., Schultz, T. R.** (2009) Natural history and phylogeny of the fungus-farming ants (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini). *Myrmecological News* v. 13, 7-55.

- Nascimento, I. C.** (2002) Fenologia do vôo nupcial e amostragem em comunidade de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) em área de Mata Atlântica do município de Viçosa, Minas Gerais. Tese de Mestrado Entomologia. Universidade Federal de Viçosa, 99.
- Navarro, J. G., Jaffé, K.** (1985) On the adaptive value of nest features in the grass-cutting ant *Acromyrmex landolti*. *Biotropica* v.17, 347-348.
- Nickele, M. A., Reis, W. R., Pie, M. R., Penteado, S. R. C.** (2016) Daily foraging activity of *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) leaf-cutting ants. *Sociobiology* v. 63, 645-650.
- Oliveira, M. A., Araújo M. S., Marinho C. G. S., Ribeiro M. M. R. R. & Della Lucia T. M. C.** (2011). Manejo de formigas-cortadeiras. Em Formigas-cortadeiras da bioecologia ao manejo. Della Lucia, T. M. C. 400-419.
- Pagnocca, F. C., Rodrigues, A., Bacci, Jr. M.** (2011) Microorganismos associados às formigas-cortadeiras. Em Formigas-cortadeiras da bioecologia ao manejo. Della Lucia, T. M. C. 262-283.
- Peternelli, E. F. O., Della Lucia T. M. C., Peternelli, L. A., Martins, S. V, Borges, E. E. L.** (2003) The Interaction among workers of the *Genera Atta* and *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) and Seeds of *Mabea fistulífera* (Euphorbiaceae), a Pioneer Tree Species in Brazil. *Sociobiology* v. 42, 597-603.
- Pizo, M. A. & Oliveira, P. S.** (1998) Interaction between ants and seeds of a nonmyrmecochorous neotropical tree, *Cabralea canjerana* (Meliaceae), in the Atlantic forest of Southeast Brazil. *American Journal of Botany* v. 85, 669-674.
- R Development Core Team.** (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Rabeling, C., Cover, S. P., Johnson, R. A. A., Mueller, U. G.** (2007) A review of the North American species of the fungus-gardening ant genus *Trachymyrmex* (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa* v. 1664, 1-53.
- Rando, J. S. S., Forti, L. C.** (2005) Ocorrência de formigas *Acromyrmex* Mayr, 1865, em alguns municípios do Brasil. *Acta Scientiarum Biological Sciences* v. 27, 129 – 133.
- Ribeiro, M. M. R., & Marinho, C. G. S.** (2011) Seleção e forrageamento em formigas cortadeiras. Formigas-cortadeiras da bioecologia ao manejo. Della Lucia T. M. C. 189-203.

- Roglin, A., Sousa, N. J., Pinto, J. R. R., Koehler, H. S., Ferronato, M. Z.** (2013) Identificação e quantificação de formigas-cortadeiras em áreas degradadas em processo de recuperação. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia* v. 9, N. 16, 1260 -1269.
- Soares, I. M. F., Della Lucia, T. M. C., Santos, A. A., Nascimento, I. C., & Delabie, J. H. C.** (2006) Caracterização de ninhos e tamanho de colônia de *Acromyrmex rugosus* (F.Smith) (Hymenoptera, Formicidae, Attini) em restingas de Ilhéus, BA, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* v. 50, 128 - 130.
- Sunderland, K. D., Fraser, A. M., Dixon, A. F. G.** (1986) Distribution of *Linyphiid* spiders in relation to capture of prey in cereal fields. *Pedobiologia* v. 29, 367–375.
- Vasconcelos, H. L., Cherrett, J. M.** (1996) The effect of wilting on the selection of leaves by the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* v. 78, 215-220.
- Verza S. S., Forti L. C., Lopes J. F. S. & Hugues W. O. H.** (2007) Nest architecture of the leaf-cutting ant *Acromyrmex rugosus rugosus*. *Insectes Sociaux* v. 5, 300-309.
- Viana-Bailez, A. M. & Endringer, F. B.** (2016) Plasticidade do comportamento de forrageamento em formigas-cortadeiras. *Oecologia Australis* v. 20, 11-19.
- Waddington, S. J., Hughes, W. O. H.** (2010) Waste management in the leaf-cutting ant *Acromyrmex echinator*, the role of worker size, age and plasticity. *Behavioral Ecology and Sociobiology* v. 64, 1219-1228.

## CAPITULO II

### PARASITISMO EM *ACROMYRMEX RUGOSUS* POR *APOCEPHALUS* SP.

#### RESUMO

As espécies de formigas-cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* são importantes insetos pragas no Brasil, atacando plantas em áreas agrícolas, florestais e urbanas. *A. rugosus* tem demonstrado potencial de dano nesses ambientes, mas poucos estudos têm investigado essa espécie. O controle dessa formiga com iscas granuladas e pós-secos, não tem obtido bons resultados, fato que exige a busca de formas alternativas de controle para aumentar a eficiência. Os parasitoides da família Phoridae são uma possibilidade a ser investigada, visando o seu uso em futuros programas de controle biológico de formigas-cortadeiras. Este trabalho teve como objetivo avaliar a ocorrência e sazonalidade de parasitismo em *Ac. rugosus* em área urbana na cidade de Florestal-MG. Foram amostrados 120 ninhos em vias públicas e lotes vagos, de janeiro a dezembro de 2016, sendo coletadas 34.200 formigas, cerca de 280 operárias mensais. Estas foram acondicionadas em potes plásticos de 1000mL e alimentadas com solução de mel à 10% embebido em chumaços de algodão. As formigas mortas foram individualizadas em tubos de ensaio diariamente, mantidas a temperatura e umidade relativa ambientes. Os tubos foram vistoriados diariamente para observar a possível emergência de parasitoides. A contagem desses parasitoides adultos, o período da coleta até a morte da formiga, o período de dias até o aparecimento da pupa, o desenvolvimento pupal, a razão sexual e o tempo para emergência de cada parasitoide foram avaliados. O primeiro relato de parasitismo ocorrendo em *A. rugosus* foi feito neste trabalho, bem como a descrição de nova espécie de forídeo, *Apocephalus* sp., para o gênero *Acromyrmex*. O índice médio de parasitismo encontrado foi de 0,59%, apresentando variações mensais que chegaram a 2,03% no período do inverno. Houve variação no desenvolvimento pupal entre os meses mais quentes e frios. O desenvolvimento de mais de uma pupa por formiga foi observado, sendo neste caso presente nas formigas de maior capsula cefálica. A razão sexual

encontrada foi de um macho para uma fêmea. Das 227 pupas emergidas, cerca de 189 (87,37%) chegaram a fase adulta. Estes foram os primeiros dados obtidos em literatura para *Apocephalus* sp. que poderão direcionar novos estudos, visando entender a relação deste parasitismo e seus efeitos sobre *A. rugosus*.

**Palavras chaves:** Controle biológico, MIP, formigas-cortadeiras.

## ABSTRACT

The leaf-cutting ant species of the genus *Atta* and *Acromyrmex* are important insect pests in Brazil, attacking plants in agricultural, forest and urban areas. *A. rugosus* has demonstrated potential damage in these environments, but few studies have investigated this species. The control of this ant with granulated baits and dry powder, has not obtained good results, fact that requires the search of alternative forms of control to increase the efficiency. The parasitoids of the family Phoridae are a possibility to be investigated, aiming their use in future programs of biological control of leaf-cutting ants. This work aimed to evaluate the occurrence and seasonality of parasitism in *Ac. rugosus* in an urban area in the city of Florestal-MG. A total of 120 nests were sampled on public roads and vacant lots from January to December 2016, with an estimated 34.200 ants being collected, approximately 280 monthly workers. These were packed in 1000mL plastic pots and fed with 10% honey solution soaked in cotton swabs. The dead ants were individualized in test tubes daily, maintained at ambient temperature and relative humidity. The tubes were inspected daily to observe the possible emergence of parasitoids. The count of these adult parasitoids, the period of collection until the ant death, the period of days until the appearance of the pupa, the pupal development, the sex ratio and the time to emergence of each parasitoid were evaluated. The first report of parasitism occurring in *Ac. rugosus* was done in this work, as well as the description of a new specie of phoridae, *Apocephalus* sp., For the genus *Acromyrmex*. The average parasitism index was 0.59%, with monthly variations reaching 2.03% in the winter period. There was variation in pupal development between the hotter and colder months. The development of more than one pupae per ant was observed, being in this case present in the ants of greater cephalic capsule. The sex ratio was one male to one female. Of the 227 emerged pupae, about 189 (87.37%) reached adulthood. These were the first data obtained in literature for *Apocephalus* sp. Which could direct new studies, aiming to understand the relation of this parasitism and its effects on *Ac. rugosus*.

**Keywords:** Biological control, IPM, leaf-cutting ants.

## 1. INTRODUÇÃO

As formigas-cortadeiras, consideradas insetos eusociais, têm distribuição geográfica, sendo encontradas desde o sul dos Estados Unidos até a Argentina, não tendo sido registradas no Chile, em algumas ilhas das Antilhas e no Canadá (Mariconi, 1970; Della Lucia, 2011; Mehdiabadi & Schultz, 2009). No Brasil, ocupam grande áreas. Os gêneros *Atta* Fabrícus, 1804 e *Acromyrmex* Mayr, 1865, cultivam um fungo simbiote do gênero *Leucogaricus gongylophorus* Singer (Möller). Este fungo é utilizado como alimento e para proteção da prole (Gonçalves, 1961; Mariconi, 1970; Uribe *et al.*, 2016) e para o seu cultivo, essas formigas cortam e transportam uma grande variedade de espécies vegetais para dentro do formigueiro (Hölldobler & Wilson, 1990). A desfolha de espécies agrícolas e florestais levam a perdas significativas nas culturas, colocando esses insetos como pragas importantes nesses setores (Della Lucia *et al.*, 2011; Oliveira, 1996; Forti & Boaretto, 1997; Oliveira *et al.*, 2014).

A espécie de formiga-cortadeira *Acromyrmex rugosus* ocorre dentro dos biomas de Cerrado e Caatinga (Gonçalves, 1961), sendo considerada uma das espécies com maior distribuição no país (Della Lucia *et al.*, 2014). Seus ninhos apresentam pequena quantidade de terra solta na entrada dos olheiros; podem se encontrar nos locais antropizados e nos ambientes de reflorestamento ou pomares, sendo comum que seus ninhos sejam escavados entre o sistema radicular de árvores (Fowler, 1981). Também, pode se encontrar ninhos em edificações (Gonçalves, 1961; Fowler, 1985). Essa espécie forrageia uma variedade de vegetais, podendo causar danos em áreas agrícolas, florestais e urbanas (Fowler & Stiles, 1980).

Atualmente, o controle químico tem sido a alternativa mais viável e eficiente para o controle de formigas-cortadeiras no Brasil, entretanto, existe uma pressão internacional para que novas alternativas de controle sejam avaliadas e testadas. A abordagem de outras estratégias de controle de formigas-cortadeiras tem sido estudada e avaliada como os controles mecânico, cultural, físico, biológico, comportamental, o uso de feromônios e de juvenoídes (Della Lucia *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2016).

Estudos demonstram que as formigas-cortadeiras apresentam na natureza um conjunto de inimigos naturais atuando como predadores, parasitoides, vírus, fungos e bactérias que podem afetar o comportamento ou mesmo causar a morte das formigas

(Bragança *et al.*, 2011). Os besouros *Canthon virens* e *Canthon dives* (Coleoptera: Scarabaeidae) predam as icás no momento da fundação dos ninhos (Forti *et al.*, 2012; Araújo *et al.*, 2015), além das aves, sapos, lagartos e vários outros artrópodes (Oliveira *et al.*, 2016). Relatam-se fungos entomopatogênicos como *Cunninghamella elegans*, *Syncephalastrum racemosum* e *Tricoderma harzianum* considerados antagonistas ao jardim de fungo (Rodrigues *et al.*, 2008). Sendo fungos *Escovopsis* (Currie, 2001), *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* entomopatogênicos e investigados para o controle de formigas-cortadeiras, mas existem várias restrições e insucessos para seu uso (Hughes, 2004; Oliveira *et al.*, 2011).

Os parasitoides da família Phoridae (Diptera), são outro exemplo de possíveis controladores biológicos das cortadeiras (Bragança *et al.*, 1998; Disney *et al.*, 2009; Gazal *et al.*, 2009; Farder-Gomes *et al.*, 2016; Bragança *et al.*, 2017). Os primeiros registros de aparecimento dessas moscas datam de 80 milhões de anos, os quais se dispersaram e irradiaram de modo a criar uma hiperdiversidade de espécies (Grimaldi & Engel, 2005). Atualmente, existem 4.202 espécies divididas em 302 gêneros, que devem corresponder à aproximadamente 10% da sua diversidade real (Online phorid catalog, 2017). Os forídeos, como são chamadas as moscas da família Phoridae, possuem diferentes hábitos alimentares como saprofagia, predação e parasitismo. As espécies associadas ao parasitismo atacam vários gêneros de formigas como *Camponotus*, *Cephalotes*, *Crematogaster*, *Dinaponera*, *Paraponera*, *Solenopsis*, *Atta* e *Acromyrmex* (Disney, 1994).

O uso dos forídeos do gênero *Pseudacteon* como controladores biológicos da formiga de fogo (*Solenopsis invicta* Buren e *Solenopsis richteri* Forel), espécies exóticas nos Estados Unidos, permitiu o desenvolvimento de tecnologia para a criação desses insetos em laboratório; atualmente são utilizadas seis espécies de *Pseudacteon* para liberação massal em campo, com sucesso comprovando no controle de *Solenopsis* sp. (Patrock, *et al.*, 2009).

A partir da década de 90, estudos se intensificaram tentando entender as interações entre os forídeos e as formigas-cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* (Orr, 1992; Tonhasca Jr, 1996; Bragança *et al.*, 1998). Essas prospecções descreveram novas espécies e contribuíram para dar início aos estudos da ecologia comportamental dos forídeos (Orr, 1992; Guillade & Folgarait, 2011; Folgarait, 2013; Uribe *et al.*, 2014; Farder-Gomes *et al.*, 2016; Bragança *et al.* 2017). São

conhecidas 66 espécies de forídeos parasitoides associados a nove espécies de formigas do gênero *Atta* e 19 espécies associadas ao gênero *Acromyrmex* (Bragança 2011). Apesar da baixa taxa de parasitismo entre 1% a 5% (Bragança 2011; Elizalde & Folgarait, 2011; Farder-Gomes *et al.*, 2016) observada em cortadeiras no Brasil, estudos relatam que indivíduos parasitados modificam seu comportamento e podem reduzir seu potencial de forrageamento (Feener, 1981; Feener & Brown, 1992; Reed *et al.*, 2015). Em *Atta cephalotes*, foi observada a mudança do padrão do tamanho de operárias forrageando e alterações nos períodos de forrageamento nos ninhos (Orr, 1992). Em *Atta sexdens*, a presença do parasitoide *Neodohniphora* sp. modificou o comportamento das operárias, aumentando o fluxo de formigas sem carga na sua presença (Bragança & Tonhasca Jr, 1998).

No Brasil, os estudos ainda são incipientes para várias espécies de formigas e também faltam informações sobre a biologia, ecologia e comportamento tanto dos forídeos quanto das formigas-cortadeiras hospedeiras. O objetivo deste trabalho foi avaliar a ocorrência e sazonalidade de parasitismo em *Ac. rugosus* em área urbana na cidade de Florestal-MG.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Local do estudo**

O estudo foi realizado no perímetro urbano do município de Florestal, que ocupa área de 191,42 Km<sup>2</sup> (19°53' S, 44°25' O), região metropolitana de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, com uma população de 7.278 habitantes. A região se encontra na transição do bioma Cerrado e Mata Atlântica, apresentando verão (chuvoso) e inverno (seco) (IBGE, 2015). A região apresenta precipitação média anual de 1426,8 mm, temperatura mínima média de 13,1°C e temperatura máxima média de 28°C (INMET, 2017).

### **2.2. Coleta das formigas e avaliação dos forídeos**

Foram amostrados 120 ninhos em vias públicas e lotes vagos na área urbana de Florestal – MG (Figura 1), durante os meses janeiro e dezembro de 2016. Foram selecionados aleatoriamente a cada mês aproximadamente 10 ninhos, para coleta média de aproximadamente 280 operárias nas trilhas de forrageamento de cada ninho no período noturno. Os ninhos foram sorteados para o experimento.

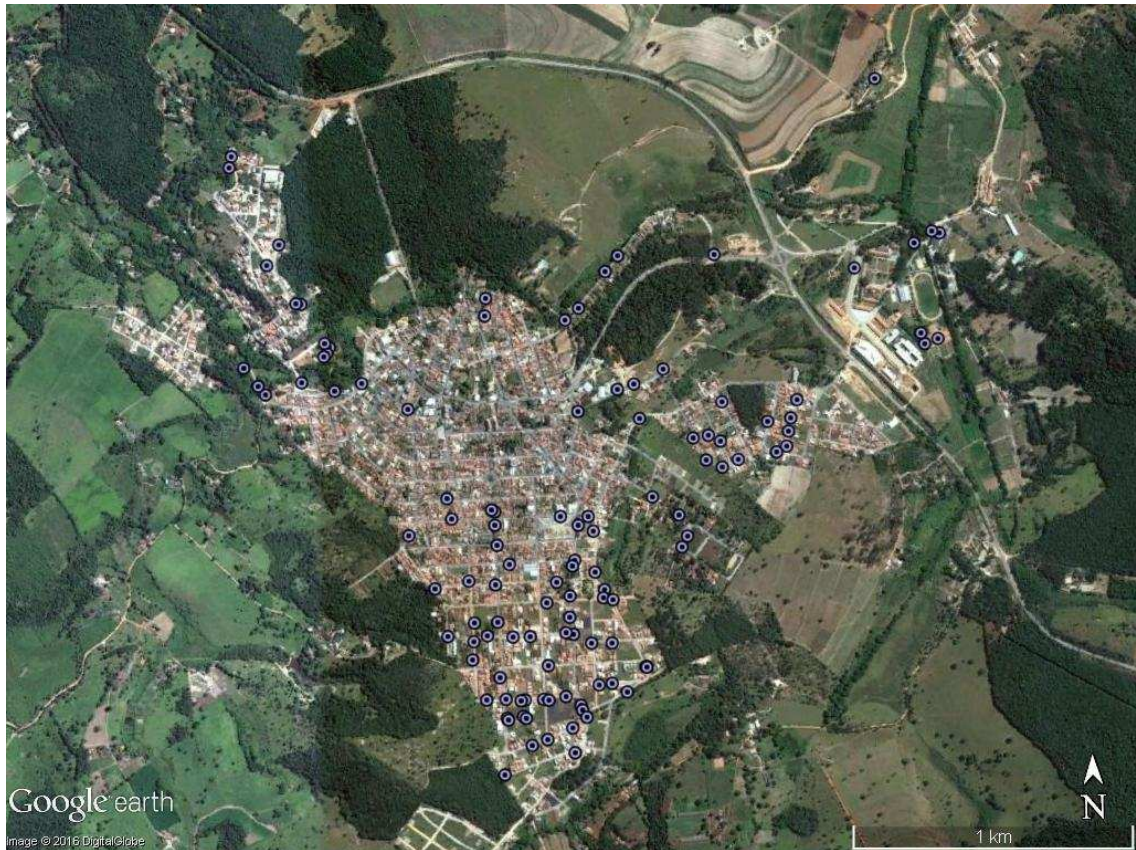


Figura 1. Mapa da cidade de Florestal – MG, com a localização dos ninhos avaliados durante o estudo para averiguar o nível de parasitismo nos formigueiros.

As operárias de *Ac. rugosus* coletadas (Figura 1) foram acondicionadas em potes plásticos de 1000mL com identificação de data e ninho. Os potes foram preparados com as bordas internas cobertas com talco, para evitar a fuga das formigas e com tampas perfuradas para ventilação. Os potes foram transportados para o Laboratório de Entomologia/Mirmecologia UFV- *Campus* Florestal, e mantidos em sala de criação azulejada com temperatura e umidade ambientes e alimentadas com solução de mel concentrado à 10% embebido em chumaços de algodão. No ano de 2015, as formigas foram coletadas e mantidas a temperatura média de  $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , e umidade relativa média de  $75\% \pm 2\%$ , em BOD, não havendo o aparecimento de forídeos parasitoides, durante 1 ano de observação. Na segunda etapa do projeto em 2016, as formigas coletadas foram mantidas em uma sala azulejada de 2,5 x 2,0m, com um basculante, sendo a temperatura ambiente variando ao longo do ano de  $10^{\circ}\text{C}$  aos  $28^{\circ}\text{C}$  e a umidade relativa  $80\% \pm 2\%$ . Dados de temperatura e umidade foram tomados 2 vezes ao dia permitindo a separação de dois grupos de temperaturas médias neste ambiente, sendo abaixo de  $18^{\circ}\text{C}$  (meses frios) e

acima de 18°C (meses quentes). Esta separação hipotética buscou avaliar efeitos destas variáveis no desenvolvimento destes insetos.

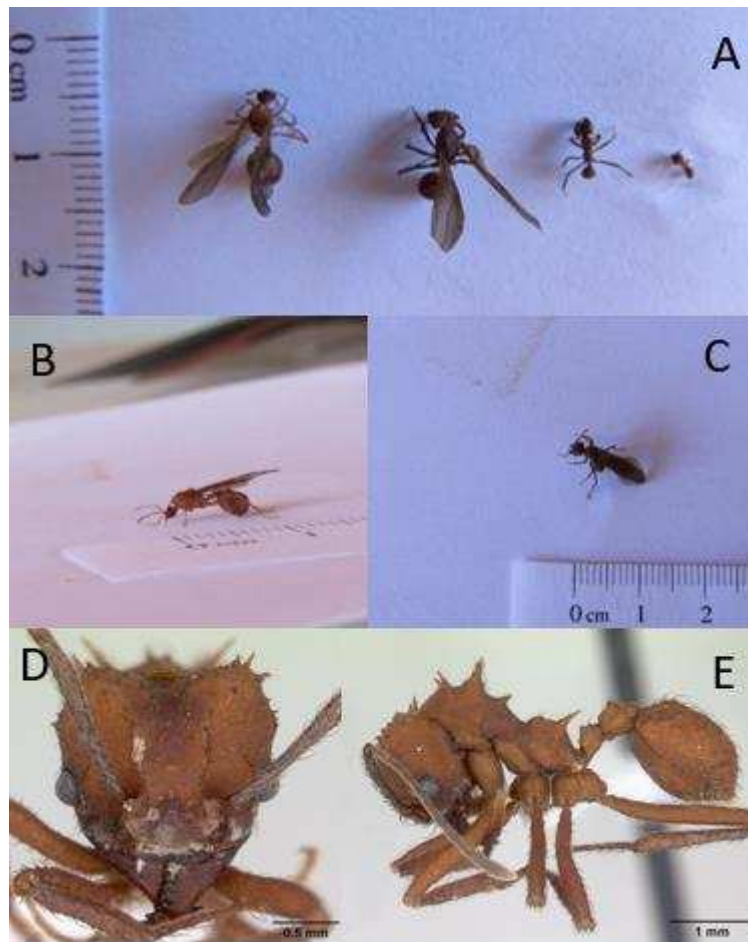


Figura 2. (A) Macho, rainha, operária máxima e mínima de *Acromyrmex* (da direita para a esquerda). (B) macho (C) fêmea. (Imagens: Gustavo Machado). (D) Detalhes cabeça da operária e (E) Imagem lateral da operária (Imagens: AntWeb).

Após 30 dias no laboratório as formigas que sobreviveram foram descartadas, uma vez que as chances de estarem parasitadas são mínimas. Diariamente os indivíduos mortos foram individualizados em tubos de ensaio (12 x 75mm<sup>2</sup>) tapado com pedaço de algodão e mantidas a temperatura ambiente e umidade relativa média de 80%  $\pm$ 2%. Os tubos de ensaio foram vistoriados diariamente para observar o aparecimento das pupas dos parasitoides. Quando encontradas recebiam um código de identificação e foram mantidas na sala de criação até a emergência dos parasitoides. Estes adultos foram sacrificados e armazenados para posterior identificação, que foi efetuada pelo Dr. Henry R. Disney do Department of Zoology, University of Cambridge, USA.

As larvas emergiam dos hospedeiros e eram detectadas empupadas nas paredes do tubo de ensaio. Durante o experimento os seguintes dados foram coletados: contagem dos parasitoides adultos; número de dias da coleta até a morte da formiga; o período de dias até o aparecimento da pupa; o número de dias de desenvolvimento pupal; a razão sexual e o tempo para emergência de cada parasitoide. A capsula cefálica das formigas parasitadas foi medida com auxílio de lupa estereoscópica com câmera de vídeo integrada (modelo Optcam 17LEOPZTR, câmera integrada Opt05.3mp).

### 2.3. Análise dos dados

A análise de sobrevivência foi obtida através do estimador Kaplan-Meier e os dados da morte das formigas parasitadas. Para avaliar a razão sexual foi utilizado o  $\chi^2$ . O teste t ( $\alpha = 0,05$ ) foi aplicado para avaliar o tamanho médio das cápsulas cefálicas das formigas parasitadas por um ou dois parasitoides e do período médio de desenvolvimento pupal entre os meses frios e quentes. A análise de agrupamento foi aplicada para avaliar o período pupal de *Apocephalus* sp. em função dos meses quentes e frios. Para a análise dos dados foi utilizado o freeware de estatística R Development Core Team (2008).

## 3. RESULTADOS

Foi registrada a primeira ocorrência de parasitoides em *Ac. rugosus* e também a obtenção de uma nova espécie do gênero *Apocephalus* (Figura 1).



Figura. 1. Foto da pupa antes e pós emergência e adultos de *Apocephalus* sp. Foto: Gustavo Henrique Machado)

Foram analisadas 34.200 formigas da espécie *Ac. rugosus*, sendo que 203 (0,59%) foram parasitadas. Os índices mensais de parasitismo encontrados variaram entre 0,03 e 2,03%, sendo o maior período de parasitismo no fim do inverno que ocorreu entre os meses de julho a setembro de 2016 (Figura 2).

Dos 120 ninhos de *Ac. rugosus* amostrados, em 42 (35% ) foram encontrados parasitóides em algum período do ano (Figura 4). Das formigas parasitadas ocorreu a emergência de 227 pupas sendo que o maior número ocorreu nos meses de julho a setembro (período mais frio e seco do ano), enquanto nos meses de abril, junho, novembro e dezembro ocorreram os menores números indivíduos emergidos. Das 227 pupas coletadas nos tubos de ensaio 189 (82,37%) chegaram a fase adulta.

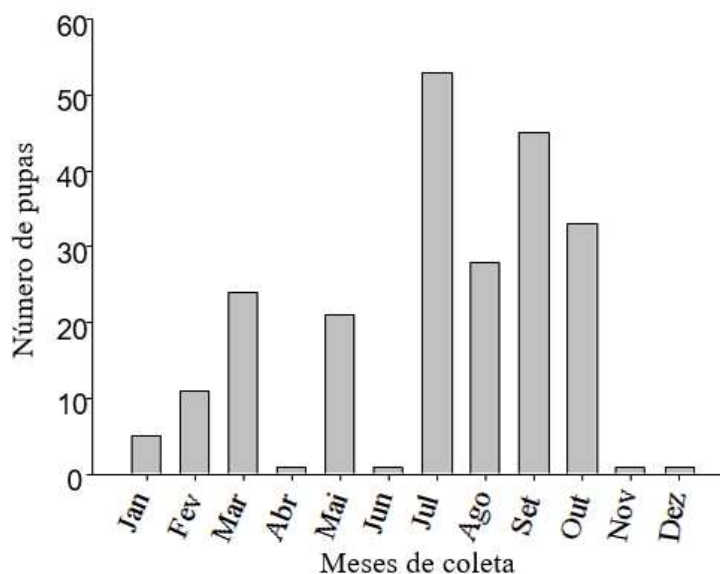


Figura. 2. Avaliação mensal do número de pupas de *Apocephalus* sp. encontradas em *Ac. rugosus* em laboratório.

O período médio de sobrevivência em laboratório das formigas parasitadas foi de aproximadamente de  $4,22 \pm 2,08$  dias (Figura 3).

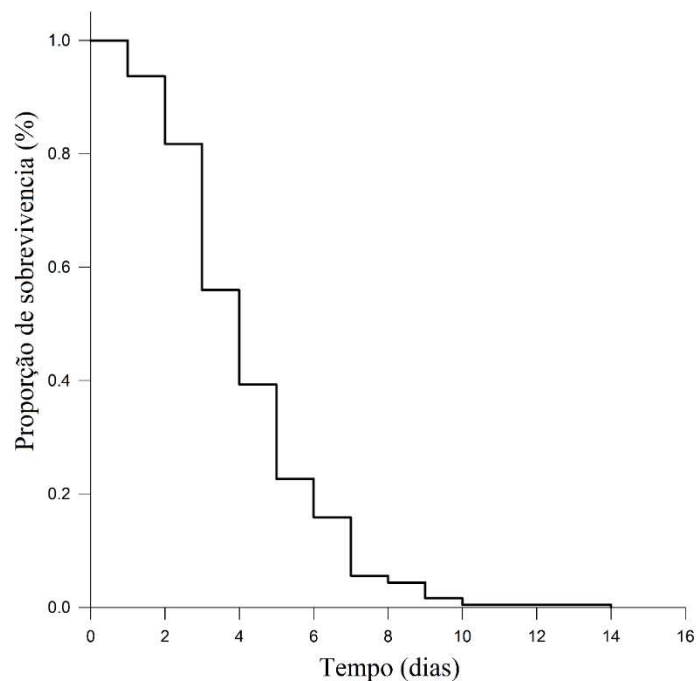


Figura 3. Sobrevivência (dias) em laboratório das operárias parasitadas coletadas em campo de *Ac. rugosus*.

O aparecimento das pupas ocorreu em média com 3 dias ( $3,53 \pm 1,08$  dias), após a morte da formiga parasitada. O período pupal nos meses mais quentes ( $16,51 \pm 0,195$  dias) em relação aos meses frios ( $31,75 \pm 7,18$ ), estatisticamente diferentes ( $t = 26,40$   $p = 0,0001$ ).

De 203 formigas parasitadas, foram encontradas 24 (11,82%) apresentando duas larvas. As larvas emergiram do hospedeiro por entre as mandíbulas e maxilas. O empupamento de *Apocephalus* sp. ocorreu exclusivamente fora do hospedeiro.

A cápsula cefálica das formigas que apresentaram dois parasitoides ( $1,565 \pm 0,073$ ) foi significativamente maior ( $t = 3,027$ ,  $p = 0,002$ ) em relação das formigas que apresentaram apenas um parasitoide ( $1,493 \pm 0,113$  mm).

A razão sexual (macho: fêmea) de *Apocephalus* sp. foi de 1:1,45 ( $\chi^2 = 3,402$ ;  $P = 0,006$ ).

#### 4. DISCUSSÃO

O índice de ninhos de *Ac. rugosus* parasitados por *Apocephalus* sp. encontrado na área urbana de Florestal-MG (35%) é semelhante daquele encontrado para ninhos *Acromyrmex niger*, parasitados por *Apocephalus luteihalteratus* em

regiões de fragmentos florestais da mata atlântica por Elizalde & Queiroz (2013). Florestal é uma cidade pequena (aproximadamente 7.278 habitantes, IBGE - 2015), o fato de ser circundada por fragmentos florestais da mata atlântica e com áreas de agricultura e diversificação de vegetação, deve facilitar a ocorrência destes insetos (Figura 1). O baixo índice de ninhos de *Ac. rugosus* parasitados por *Apocephalus* sp. encontrado no presente estudo, está associado a presença de vegetação e arbustos nos arredores da cidade e mesmo nos lotes vagos. Assim como sugerido Morrison *et al.* (1999) estes fatores podem ser importantes para a ocorrência, dispersão e sobrevivência destes forídeos em campo, seja para busca de alimento ou mesmo para abrigo. No caso de *Apocephalus* sp., estudos devem ser elaborados para avaliar o efeito da vegetação próxima aos ninhos na dispersão e sobrevivência destes forídeos em campo.

A taxa de parasitismo encontrada em *Ac. rugosus* por *Apocephalus* sp. no presente estudo, é corroborada por Elizalde & Folgarait (2011) em revisão sobre o parasitismo em *Acromyrmex* spp., naqueles trabalhos, os valores médios foram de 0,9 - 2,2%. O baixo nível de parasitismo encontrado nas formigas pode estar associado a vários fatores, como temperatura, chuva e vento, que podem interferir na disponibilidade de hospedeiros e no comportamento do forídeo. Morison *et al.* (1999) observou que as variações climáticas nos Estados Unidos afetaram a dispersão ao longo do ano da população dos forídeos *Pseudacton* spp, prejudicando o ataque a *Solenopsis* sp. A fragmentação do ambiente é outro fator que pode afetar os recursos alimentares em escala local (Disney, 1981; Kamm *et al.*, 1987). Farder-Gomes *et al.* (2016) avaliando o parasitismo em *Atta sexdens* em Florestal, MG encontrou 1,48% de parasitismo por *Apocephalus attophilus*. Já Bragança & Medeiros (2006) na região de Porto Nacional – TO, a taxa foi de 0,16% incidindo sobre *Atta laevigata*.

O maior número de parasitóides foi encontrado durante o inverno e primavera, podendo ser associado ao período de forrageamento mais intenso de *Ac. rugosus*, conforme observações em campo. Nesses meses, os formigueiros estão se preparando para a fase reprodutiva, fato que exige uma maior atividade das formigas em campo e fora do ninho para suprir a colônia com material vegetal, o que poderia deixá-las mais expostas ao parasitismo. Já no fim da primavera e no verão, observou-se um menor parasitismo as operárias em campo, fato relacionado às chuvas constantes que ocorrem na região e que podem reduzir o número de formigas na

trilha e conseqüentemente seu parasitismo. Outro fator pode ser relacionado com a biologia dos forídeos é a sua capacidade de entrar em diapausa (Disney, 1994; Morrison *et al.*, 1999), área essa carente em estudos. Trabalhos de Bragança & Medeiros (2006) e Martins (2015) avaliando o parasitismo em ninhos de *A. laevigata* e *Atta bisphaerica* encontraram os maiores índices de parasitismo no período mais seco do inverno para *Apocephalus vicosae* e *A. attophilus*, respectivamente. Entretanto, Disney (1994) verificou que os maiores períodos de atividade para moscas Phoridae ocorrem no outono-verão em clima temperado.

Após o parasitismo, as formigas sobreviveram em média 14 dias morrendo com o empupamento do parasitoide. Estudos demonstram que o parasitismo provoca modificações fisiológicas que começam a interferir na biologia e no comportamento de forrageamento das formigas-cortadeiras. O fluxo de formigas na trilha pode ser reduzido com a presença dos forídeos, afetando o corte de folhas durante o ano e conseqüentemente a taxa de crescimento da colônia (Orr, 1992; Bragança *et al.*, 1998; Tonhasca Jr & Bragança, 2000; Tonhasca Jr *et al.*, 2001). No entanto estudos de campo e laboratório devem ser realizados para avaliar esse efeito em *Ac. rugosus*.

O período para emergência dos adultos de *Apocephalus* sp. após o empupamento é uma importante informação para a criação massal desses insetos. Observou-se que existe uma variação nesse período, sendo que o tempo durante o inverno é 50% maior do que no verão (verão até 16 dias e no inverno até 32 dias). Contudo, pouco se conhece sobre como os fatores ambientais podem interferir na biologia das diferentes espécies de parasitoides e onde estas pupas permanecem após a eclosão se nas panelas de lixo ou nas de fungo. Os mecanismos envolvidos para o não ataque das formigas as pupas e aos insetos adultos do forídeo após a emergência antes de saírem do ninho também devem ser investigados. Os trabalhos de Bragança *et al.*, (2009) em *Atta sexdens rubropilosa* (*Neodohniphora tonhascai*, *Neodohniphora elongata*) e Farder-Gomes *et al.* (2016) em *Atta sexdens* (*Ap. attophilus*), corroboram os resultados encontrados. Já Guillade & Folgarait (2014), na Argentina, observaram um menor período para *Acromyrmex* spp., quando atacados por *Apocephalus neivai* (15 – 21,5 dias) e *Apocephalus noetingerorum* (11,3 – 17 dias).

As formigas com maior cápsula cefálica apresentaram até duas larvas de *Apocephalus* sp., fato associado a maior disponibilidade de alimento para o desenvolvimento das larvas, conforme relatado para *Ap. attophilus* em *A. laevigata*

(Erthal Jr & Tonhasca Jr, 2000) e em *A. sexdens* (Farder-Gomes *et al.*, 2016). A poliembrionia pode ser o mecanismo responsável pela formação de mais de uma larva, uma vez que esses parasitoides podem ajustar seu tamanho de acordo com a capacidade do hospedeiro (Craig *et al.*, 1997) como relatado em *Atta colombica* Guérin que originou de um único ovo de *Apocephalus* sp. mais de uma larva por hospedeiro (Feener & Moss, 1990). O aparecimento de mais de uma pupa por formiga é uma importante estratégia dentro do controle biológico quando se planeja a multiplicação destes parasitoides visando à liberação massal em campo.

Apesar das larvas desse forídeo se alimentarem do conteúdo cefálico e/ou torácico do seu hospedeiro, seu local de oviposição e forma de ataque são desconhecidos. No geral o ataque dos forídeos do gênero *Apocephalus* ocorre com a fêmea ovipositando dentro da cápsula cefálica da operária, introduzindo o ovipositor entre as mandíbulas das formigas (Bragança & Medeiros, 2006). Ao eclodir, a larva migra para o tórax, onde se alimentará dos tecidos da hospedeira até completar seu desenvolvimento (Bragança & Medeiros, 2006). Neste trabalho não foi observado o horário de forrageamento ou ataque dos parasitoides em campo. Também não se observou a presença desses forídeos durante as visitas periódicas aos ninhos, como acontece nos formigueiros de *Atta*, onde eles são visíveis sobrevoando os olheiros de forrageamento (Tonhasca Jr., 1996, Erthal Jr & Tonhasca Jr., 2000, Tonhasca Jr. *et al.*, 2001).

*Ap. attophilus* é capaz de atuar sobre seus hospedeiros durante à noite e o dia, adequando seu ataque ao comportamento de forrageamento da espécie de *Atta* spp. Bragança & Medeiros (2006). Isso poderia ocorrer também com a espécie de *Apocephalus* sp. em *Ac. rugosus*. Outros trabalhos de coleta de forídeos em campo observaram que podem apresentar padrões de atividade diurna gêneros *Neodohniphora*, *Myrmosicarius* e *Apocephalus*, mas existem exceções nesse comportamento (Waller & Mosser, 1990; Tonhasca Jr., 1996; Tonhasca Jr. *et al.*, 2001; Bragança *et al.*, 2006; Tonhasca Jr. & Bragança, 2000; Silva *et al.*, 2008).

Neste trabalho não houve diferença estatística da razão sexual dos forídeos avaliados, sendo mantida na razão de um macho para uma fêmea. Este resultado corrobora trabalhos com *A. sexdens rubropilosa* (Bragança, 2011), *Atta* spp. e *Acromyrmex* spp. (Elizalde & Folgarait, 2011; Guillade & Folgarait, 2014) e *A. sexdens* (Farder-Gomes *et al.*, 2016). Em himenópteros parasitóides, a razão sexual 1:1 é freqüente (Hamilton, 1967) e a definição do sexo desses parasitóides não

depende do tamanho do hospedeiro (Elizalde & Folgarait, 2011; Guillade & Folgarait, 2011), podendo ser alterada por fatores como a idade do hospedeiro, genética e temperatura (Disney *et al.*, 2009; Guillade & Folgarait, 2011). Entretanto, Morrison *et al.*, (1999) observaram que formigas *Solenopsis invicta* com maior capsula cefálica e que foram parasitadas por *Pseudacteon tricuspis*, apresentaram uma razão sexual de 2:1.

O período pupal apresentou diferença significativa entre os meses com temperaturas médias superiores e inferiores aos 18°C. Guillade & Folgarait (2014) encontraram resultado semelhante em seu estudo abrangendo cinco espécies parasitoides de *Acromyrmex* e *Atta*, ao testarem diferentes gradientes de temperatura buscando condições ótimas de desenvolvimento. Estes mesmos autores encontraram ainda diferenças significativas nas taxas com o aumento de alguns graus célsius. Essa capacidade de respostas a mudanças permitiria aos forídeos ocuparem na mesma escala geoclimática nos ambientes onde estão seus hospedeiros. A capacidade de respostas às variáveis climáticas é uma importante característica para a criação massal desses insetos ou mesmo para a distribuição dos mesmos em campo quando se pensa em implantar um programa de controle biológico de formigas-cortadeiras.

A taxa de sobrevivência de 83% dos parasitoides coletados neste trabalho é próxima das encontradas por Guillade & Folgarait, (2011) (médias de sobrevivência de 90%) para as espécies *Ap. neivai* e *Apocephalus noetingerorum* e 85% para os *Apocephalus setitarsus* e *Apocephalus vicosae*; isso em ambientes com condições constantes de temperatura, luminosidade e umidade.

Este trabalho constitui o primeiro relato de parasitismo encontrado em *Ac. rugosus*, além do registro de uma nova espécie denominada *Apocephalus* sp. O gênero *Apocephalus* tem registro parasitando formigas do gênero *Atta* (Erthal Jr & Tonhasca Jr., 2000; Bragança, 2011) e *Acromyrmex* (Brown & Disney, 2010; Elizalde & Queiroz, 2013; Abreu, 2015).

Após a publicação da nova espécie *Apocephalus* sp. outros estudos deverão ser planejados visando o melhor entendimento das relações entre o desenvolvimento do parasitoide no hospedeiro, bem como aspectos da sua ecologia e do seu comportamento. Esses resultados poderão no futuro contribuir para avaliar o potencial uso deste parasitoide no controle biológico de *Ac. rugosus*.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, C. S.**, (2015) Forrageamento diário e sazonal de *Atta sexdens* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Formicidae) em eucaliptais nos biomas brasileiros. Dissertação (Mestrado em Entomologia), Lavras, MG, Universidade Federal de Lavras - UFLA, 78.
- Araújo, M. S., Rodrigues, C. A., Oliveira, M. A., Jesus, F. G.** (2015) Controle biológico de formigas-cortadeiras: o caso da predação de fêmeas de *Atta* spp. por *Canthon virens*. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, v. 2, 8–12.
- AntWeb**, (2017). Disponível online em <https://www.antweb.org/>. Acessado em 5 de janeiro de 2017.
- Bragança, M. A. L.** (2011). Parasitoides de formigas-cortadeiras. Formigas-cortadeiras da bioecologia ao manejo. Della Lucia, T. M. C. 321-343.
- Bragança, M. A. L., Arruda, F. V., Souza, L. R. R., Martins, H. C., Della Lucia, T. M. C.** (2017) Phorid flies parasitizing leaf-cutting ants: their occurrence, parasitism rates, biology and the first account of multiparasitism. Sociobiology v. 63,1015-1021.
- Bragança, M. A. L., Medeiros, Z. C. S.** (2006) Ocorrência e características biológicas de Forideos parasitoides (Diptera: Phoridae) da saúva *Atta laevigata* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) em Porto Nacional. Neotropical Entomology v. 35, 408-410.
- Bragança, M. A. L., Tonhasca Jr, A., & Della Lucia, T. M. C.** (1998) Reduction in the foraging activity of the leaf cutting ant *Atta sexdens* caused by the phorid *Neodohrniphora* sp. Entomologia Experimentalis et Applicata v. 89, 305-311.
- Bragança, M. A. L., Medeiros, Z. C. S.** (2006) Ocorrência e características biológicas de Forideos parasitoides (Diptera: Phoridae) da saúva *Atta laevigata* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) em Porto Nacional. Neotropical Entomology v. 35, 408-41.
- Bragança, M. A. L., DeSouza, O. & Zanuncio, J. C.** (1998) Environmental heterogeneity as a strategy for pest management in *Eucalyptus* plantations. Forest Ecology and Management v. 102, 9–12.
- Bragança, M. A. L., Tonhasca Jr, A., Della Lucia, T. M. C.** (2009) Características biológicas e comportamentais de *Neodohrniphora elongata* Brown (Diptera,

- Phoridae), um parasitóide da saúva *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera, Formicidae). *Revista Brasileira de Entomologia* v. 53, 600-606.
- Brown, B. V., Disney, R. H. L., Elizalde, L. & Folgarait, P. J.** (2010) New species and new records of *Apocephalus coquillett* (Diptera: Phoridae) that parasitize ants (Hymenoptera: Formicidae) in America. *Sociobiology* v. 55, 165–190.
- Craig, S. F., Slobodkin, L. B., Wray, G. A. & Biermann, C. H.** (1997) The “paradox” of polyembryony: a review of the cases and a hypothesis for its evolution. *Evolutionary Ecology* v. 11, 127–143.
- Currie, C. R.** (2001) Prevalence and impact of a virulent parasite on a tripartite mutualism. *Oecologia, Berlin*, v. 128, 99-106.
- Della Lucia, T. M. C., Souza, D. J.** (2011). Em Importância e história de vida das formigas-cortadeiras. *As Formigas-cortadeiras da bioecologia ao manejo*. Della Lucia, T. M.C. 13-28.
- Della Lucia, T. M. C., Gandra, L. C., & Guedes, R. N.** (2014) Managing leaf cutting ants: peculiarities, trends and challenges. *Pest Management Science* v.70, 14-23.
- Disney, R. H. L.** (1994) *Scuttle flies: The Phoridae*. London: Chapman and Hall, 467.
- Disney, R. H. L.** (1981) A sixth species of *Borophaga enderlein* (Diptera:Phoridae) for the British List Entomologist's Monograph Magazine v. 117, 141.
- Disney, R. H. L., Elizalde, L. & Folgarait, P. J.** (2009) New species and new records of scuttle flies (Diptera: Phoridae) that parasitize leaf-cutter and army ants (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* v. 54, 601–632.
- Elizalde, L. & Folgarait, P. J.** (2011) Biological attributes of Argentinian phorid parasitoids (Insecta: Diptera: Phoridae) of leaf-cutting ants *Acromyrmex* and *Atta*. *Journal of Natural History* v. 45, 2701-2723.
- Elizalde, L., Queiroz, J. M.,** (2013) Parasitoids of *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) leaf-cutting ants in continuous and fragmented atlantic forest. *Sociobiology* v.60, 397-404.
- Erthal Jr, M. & Tonhasca Jr, A.** (2000) Biology and oviposition behavior of the phorid *Apocephalus attophilus* and the response of its host, the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* v. 95, 71–75.
- Farder-Gomes, C. F., Oliveira, M. A., Gonçalves, P. L., Gontijo, L. M., Zanoncio, J. C., Bragança, M. A. L. & Pires, E. M.** (2016) Reproductive

- ecology of phorid parasitoids in relation to the head size of leaf-cutting ants *Atta sexdens* Forel, Bulletin of Entomological Research v. 98 1–6.
- Feener Jr, D. H. & Brown, B. V.** (1992) Reduced foraging of *Solenopsis geminata* (Hymenoptera: Formicidae) in the presence of parasitic *Pseudacteon* spp. (Diptera: Phoridae). Annals of the Entomological Society of America v. 85, 80–84.
- Feener Jr, D. H.** (1981) Competition between ant species: outcome controlled by parasitic flies. Science v. 214, 815–817.
- Feener Jr, D. H., Moss, K. A. G.** (1990) Defense against parasite by hitchhikers in the leaf-cutting ants: a quantitative assessment. Behavior Ecology Sociobiology v. 26, 17 -26.
- Folgarait, P. J.** (2013) Leaf-cutter ant parasitoids: Current knowledge. Psyche A Journal of Entomology v. 2013, 1-10.
- Forti, L. C. & Boaretto, M. A. C.** (1997) Formigas-cortadeiras: Biologia, ecologia, danos e controle. Botucatu: Departamento de Defesa Fitossanitária, Universidade Estadual Paulista. 61.
- Forti L. C., Rinaldi I. M. P., Camargo R. S. & Fujihara R. T.** (2012). Predatory Behavior of *Canthon virens* (Coleoptera: Scarabaeidae): A predator of leafcutter ants. Revista de Agricultura Neotropical v. 2, 8-12.
- Fowler H. G. & Stiles E. W.** (1980) Conservative foraging by leaf- cutting ant? The role of foraging territories and trails and environmental patchiness. Sociobiology v. 5, 25-41.
- Fowler H. G.** (1985) Leaf-cutting ants of the genera *Atta* and *Acromyrmex* of Paraguay. Deutsche Entomologische Zeitschrift v. 32, 19-34.
- Fowler, H. G.** (1981) Male induction and function of workers' excitability during swarming in leaf-cutting ants (*Atta* and *Acromyrmex*) (Hymenoptera, Formicidae), International Journal of Invertebrate Reproduction v. 5, 333-335.
- Gazal, V., Bailez, O. & Viana-Bailez, A. M.** (2009) Mechanism of host recognition in *Neodohrniphora elongata* (Brown) (Diptera: Phoridae). Animal Behavior v. 78, 1177-1182.
- Gonçalves, C. R.** (1961) O gênero *Acromyrmex* no Brasil (Hymenoptera: Formicidae). Studia Entomologica v. 4, 113–180.
- Grimaldi D., Engel. M. S.** (2005) Evolution of the insects. New York, Cambridge University Press, 755.

- Guillade C. A., & Folgarait J. P.** (2011) Life-History Traits and Parasitism Rates of Four Phorid Species (Diptera: Phoridae), Parasitoids of *Atta vollenweideri* (Hymenoptera: Formicidae) in Argentina. *Journal of Economic Entomology* v. 104, 32-40.
- Guillade, A. C. & Folgarait, P. J.** (2014) Optimal conditions to rear phorid parasitoids (Diptera: Phoridae) of *Atta vollenweideri* and *Acromyrmex lundii* (Hymenoptera: Formicidae). *Environmental Entomology* v. 43, 458-466.
- Hamilton, W. D.** (1967) Extraordinary sex ratios. *Science* v. 156, 477-488.
- Hölldobler, B. & Wilson, E. O.** (1990) *The Ants*. Cambridge: Harvard University Press, 732.
- Hughes, W. O. H.** (2004) Diversity of entomopathogenic fungi near leaf-cutting ant nest in a neotropical forest, with particular reference to *Metarhizium anisopliae* var *anisopliae*. *Journal of Invertebrate Pathology* v. 85, 46-53.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2015)** Disponível online em: <http://cod.ibge.gov.br/DXB>. Acessado em 11 de dezembro 2015.
- Instituto Nacional De Meteorologia (INMET) (2017)** Disponível online em: <http://www.inmet.gov.br/>. Acessado em 05/01/2017.
- Kamm, J. A., Buttery, R. G., Robinson, W. H.** (1987) An attractant for mushroom bies (Diptera: Phoridae). *Journal of the New York Entomological Society* v. 95, 19-22.
- Mariconi, F. A. M.** (1970) *As saúvas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 167.
- Martins, H. C.** (2015) Bioecologia de três espécies de forídeos parasitoides da saúva *Atta bisphaerica*. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Viçosa- MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 67.
- Mehdiabadi, N. J. & Schutz, T. R.** (2009) Natural history and phylogeny of fungus-farming ants (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini). *Myrmecological News* v.13, 37-55.
- Morrison, L. W., Porter, S. D., Gilbert, L. E.** (1999) Sex ratio variation as a function of host size in *Pseudacteon* flies (Diptera: Phoridae), parasitoids of *Solenopsis* fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *Biological Journal of the Linnean Society* v. 66, 257-267.
- Oliveira, M. A.** (1996) Identificação de formigas-cortadeiras e efeito do desfolhamento simulado em plantios de *Eucalyptus grandis*. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa - MG. 61p.

- Oliveira, M. A., Araújo M. S., Marinho C. G. S., Ribeiro, M. M. R. R. & Della Lucia T. M. C.** (2011). Em Manejo de formigas-cortadeiras. Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo, Della Lucia, T. M. C. 421.
- Oliveira, M. A.** (2014) The simulated effect of in the growth of the *Eucalyptus grandis*. Chemical Engineering Transactions v. 39, 1543-1548.
- Oliveira, M. A., Farder-Gomes, C. F., Pires, E. M, Araujo, M. S., Santos, G. H. M.** (2016) Formigas-cortadeiras no Mato Grosso: Orientações técnicas para o controle - MT Ciência, 67.
- Online phorid catalog, (PCAT)** (2017), Disponível online em [www.phorid.net/hmds.php](http://www.phorid.net/hmds.php).
- Orr, M. R.** (1992) Parasitic flies (Diptera: Phoridae) influence foraging rhythms and caste division of labor in the leaf-cutter ant, *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). Behavioral Ecology and Sociobiology v. 30, 395–402.
- Patrock, R. J. W., Porter, S. D., Gilbert, L. E. & Folgarait, P. J.** (2009) Distributional patterns of *Pseudacteon* spp. associated with the *Solenopsis saevissima* complex in South America. Journal of Insect Science v. 9, 1-17.
- R Development Core Team.** (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Reed, J. J., Puckett, R. T. & Gold, R. E.** (2015) Induced effects on red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) forager size ratios by *Pseudacteon* spp. (Diptera: Phoridae): implications on bait size selection. Environmental Entomology v. 44, 1407–1416.
- Rodrigues, A., Bacci Jr, M., Mueller, U. G., Ortiz, A., Pagnocca, F. C.** (2008) Microfungal “weeds” in the leaf cutter ant symbiosis. Microbial Ecology v. 56, 604-614.
- Silva, V. G. S., Bailez, O., Viana-Bailez, A.M., Tonhasca Jr, A., Della Lucia, T.M.C.** (2008) Survey of *Neodohrniphora* spp. (Diptera: Phoridae) at colonies of *Atta sexdens rubropilosa* (Forel) and specificity of attack behaviour in relation to their hosts. Bulletin of Entomological Research v. 98, 203-206.
- Tonhasca Jr, A.** (1996) Interactions between a parasitic fly, *Neodohrniphora declinata* (Diptera:Phoridae), and its host, the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Ecotropica v. 2, 157-164.

- Tonhasca Jr, A., Braganca, M. A. L.** (2000) Effect of leaf toughness on the susceptibility of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* to attacks of a phorid parasitoid. *Insectes Sociaux* v. 47, 220-222.
- Tonhasca Jr, A., Bragança, M. A. L. & Erthal Jr, M.** (2001) Parasitism and biology of *Myrmosicarius grandicornis* (Diptera, Phoridae) in relationship to its host, the leaf-cutting ant *Atta sexdens* (Hymenoptera, Formicidae). *Insectes Sociaux* v. 48, 154–158.
- Uribe, S., Brown, B. V., Bragança, M. A., Queiroz, J. M., & Nogueira, C.A .** (2014) New species of *Eibesfeldtphora* Disney (Diptera: Phoridae) and a new key to the genus. *Zootaxa* v. 3814, 443-450.
- Uribe, S., Brown, B. V., Correa, G., Ortiz, A.** (2016) Phorids associated with nests of *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae) in a forest and a plantation. *Revista Colombiana de Entomología* v. 42, 48-53.
- Waller, D. A., Moser, J. C.** (1990) Em Invertebrate enemies and nest associates of the leaf-cutting ant, *Atta texana* (Buckley) (Formicidae: Attini). *Applied myrmecology: a world perspective*, Meer, V., Robert, K., K. Jaffe & A. Cedano. 256-273.