

Universidade Federal de Juiz de Fora
Pós-graduação em Ciências Biológicas
Mestrado em Comportamento e Biologia Animal

Elisa Furtado Fernandes

HÁBITOS DE NIDIFICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DA FORMIGA
LAVA-PÉS *Solenopsis saevissima* (Smith, 1855) EM ÁREA URBANA

Juiz de Fora
2016

Elisa Furtado Fernandes

HÁBITOS DE NIDIFICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DA FORMIGA
LAVA-PÉS *Solenopsis saevissima* (Smith, 1855) EM ÁREA URBANA

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós Graduação em Comportamento e Biologia Animal da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Professor Doutor Fábio Prezoto
Coorientadora: Doutora Mariana Monteiro de Castro

Juiz de fora
2016

Aos meus pais Ana Maria e Vandemir

AGRADECIMENTOS

À Deus, agradeço pelo dom da vida e por ter me guiado durante toda essa caminhada.

Agradeço meu orientador Prof. Dr. Fábio Prezoto pela oportunidade desde a graduação, pela confiança e ensinamentos ao longo de todo esse período.

À amiga Mariana Monteiro de Castro pela paciência e dedicação na coorientação desse trabalho, amizade e companhia mais que agradável.

Agradeço aos amigos Flavio Macanha e Tayrine Carvalho pela ajuda nos trabalhos de campo, a todos os colegas de laboratório, amigos de mestrado e professores pelos ensinamentos e amizade.

Aos meus pais, Ana Maria e Vandemir, por sempre acreditarem em mim, pelo apoio, exemplo e amor incondicional. Amos vocês.

Aos professores Helba Helena Santos-Prezoto e Mateus Clemente pelas ótimas sugestões durante a qualificação desse trabalho.

Ao Programa de Pós Graduação em Comportamento e Biologia Animal e a Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) pela oportunidade e suporte para a realização dessa pesquisa. À Capes pela concessão da bolsa de estudo.

Aos membros da banca, professores Odair Correa Bueno e André Rodrigues de Souza que gentilmente aceitaram o convite e pelas sugestões valiosas.

Aos amados amigos da Biologia - “Bendito encontro na vida” - pelas risadas, companheirismo, parceria e momentos inesquecíveis. Ítala, Livia, Fernanda “najinhas”, Ricardo “Grilo”, Samantha, Paula, Nicolas (*in memoriam*), Cíntia e Tamirys, amo vocês.

À toda minha família e aos eternos amigos de Campanha que sempre torceram por mim.

“A falsa ciência gera ateus, a verdadeira ciência
leva os homens a se curvar diante da divindade”.

Voltaire

RESUMO

As formigas do gênero *Solenopsis* são frequentemente relatadas no ambiente urbano devido a sua facilidade em explorar recursos, competir com outras espécies e condições climáticas favoráveis. Dessa maneira, este estudo se torna de grande importância, pois as lava-pés causam inúmeros prejuízos econômicos, seja no ambiente urbano, na saúde pública e em áreas cultivadas. Este trabalho objetivou determinar a distribuição espacial, os hábitos de nidificação, bem como investigar as variações de temperatura ao longo do dia em colônias de *Solenopsis saevissima* em uma área urbana no município de Juiz de Fora. Para o estudo de nidificação e distribuição, foram realizadas coletas entre os meses de Outubro de 2013 a agosto de 2015, sendo duas amostragens na estação chuvosa e duas amostragens na estação seca. Para cada colônia ativa foi registrado o tipo de substrato e as dimensões das colônias. Dados de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação foram cedidos pelo Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LabCaa) da UFJF. Para verificar as variações de temperatura ao longo do dia, foi realizada uma amostragem na no período chuvoso (Janeiro/2015) e outra no período seco (Julho/2015). Os dados foram coletados com a utilização de um termômetro do tipo espeto digital e outro termômetro a laser. Os resultados demonstraram que as colônias de lava-pés permaneceram ativas no ambiente urbano durante todo o ano e que os fatores abióticos influenciaram nas nidificações. A distribuição dos ninhos de *S. saevissima* foi significativamente agregada nas duas estações. O substrato mais utilizado para as nidificações foi o Artificial-Natural. Em relação a temperatura do monte, nos períodos chuvoso e seco, a temperatura da superfície foi a que mais variou ao longo do dia e, a temperatura do interior do monte foi a que menos variou. Os resultados desse estudo são de grande importância para ampliar o conhecimento acerca da biologia e do comportamento de *S. saevissima* no ambiente urbano, além disso, gera subsídios para futuras estratégias de controle e para a redução do número de acidentes com seres humanos.

Palavras chave: Estação Chuvosa, Estação Seca, Formiga de fogo, Substrato, Temperatura.

ABSTRACT

Ants of the *Solenopsis* genus are usually reported on urban environments due to favorable weather conditions and to their ability of exploring resources and competing with other species. On this sense, our study becomes of great importance, since the fire ants are accounted for causing countless economic losses regarding the urban environment, public health and plantation areas. This work aimed to determine the distribution, nesting habits and temperature variation through a day in colonies of *Solenopsis saevissima* in an urban area in the municipality of Juiz de Fora. In order to study nesting and distribution, samples were taken between October 2013 and August 2015, in which two samplings took place during the rainy season and two during the dry season. For each active colony, we recorded its dimensions and the kind of substrate it was located on. Data on temperature, relative humidity of air and precipitation were given by Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LabCaa) of UFJF. In order to verify temperature variation through the day, samples were taken once during the rainy season (January 2015) and once during the dry season (July 2015). Measures were taken by using a probe-like digital thermometer and a laser thermometer. Results showed that fire ant colonies remained active in the urban environment for the whole year, and that abiotic factors influenced on their nesting. The nest distribution of *S. saevissima* was significantly aggregated in both seasons. The most used kind of substrate was the Artificial-Natural. Regarding the mound's temperature in the rainy and dry seasons, surface values showed greater fluctuation during the day when compared to the mound's interior. These results are important to build knowledge on the biology and behavior of *S. saevissima* in urban environments and to generate subsidies for future control strategies and reduction in the number of accidents with human beings.

Key words: Rainy Season, Dry Season, Fire ant, Substrate, Temperature.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Ilustração 1** - Esquema do *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2016. Fonte: <http://www.ufjf.br/ufjf/mapas>. 21
- Ilustração 2** - Mensuração dos dados morfométricos das colônias de *Solenopsis saevissima* no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, em 2015. A: Maior comprimento, B: Maior largura, C: Maior altura. 22
- Ilustração 3** - Substratos utilizados para a nidificação de *Solenopsis saevissima* no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, em 2015. A: Natural, B: Artificial, C: Artificial-Natural. 22
- Ilustração 4** - Número de colônias novas de *Solenopsis saevissima* registradas no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, de 2013 a 2015. 4A: Estação Chuvosa, 4B: Estação Seca. 25
- Ilustração 5** - Média, desvio padrão e amplitude das colônias de *Solenopsis saevissima* registradas na estação chuvosa e seca, no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, de 2013 a 2015. O símbolo (*) no gráfico representa que ocorreu diferença significativa entre os comprimentos e larguras das colônias nas duas estações. 25
- Ilustração 6** - Substratos utilizados para a nidificação de *Solenopsis saevissima* no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, de 2013 a 2015..... 26
- Ilustração 7** - Medidas das temperaturas de colônias de *Solenopsis saevissima* no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, em 2015. A: Interior do monte, B: Superfície do monte, C: Substrato próximo ao monte..... 33
- Ilustração 8** - Substratos utilizados para a nidificação de *Solenopsis saevissima* no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, em 2015. A: Artificial, B: Natural, C: Artificial-Natural..... 34
- Ilustração 9** - Valores de Temperatura média (°C) encontrados na Região Interna do monte, Região de Superfície e Substrato Próximo as colônias de *Solenopsis saevissima* no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, em 2015. 35
- Ilustração 10** - *Coefficiente de Spearman* entre as temperaturas registradas nos montes de *Solenopsis saevissima* no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, em 2015. As letras A, B e C correspondem ao período chuvoso. As letras D, E e F correspondem ao período seco. A e D: Temperatura Interna com Temperatura do

Substrato próximo, B e E: Temperatura Interna com Temperatura de Superfície, C e F: Temperatura de Superfície com Temperatura do Substrato próximo ao monte..... 36

Ilustração 11 - Média, desvio padrão e amplitude das temperaturas registradas na estação chuvosa e seca em colônias de *Solenopsis saevissima* no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, em 2015. As letras A, B, C, D, E, F demonstram que ocorreu diferença estatística entre as médias. 37

Ilustração 12 - Valores de Temperatura (°C) encontrados na região interna do monte, região de superfície e substrato próximo nos ninhos de *Solenopsis saevissima* nos substratos artificial, natural e artificial-natural, no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, em 2015. As letras A, B, C correspondem ao período chuvoso. As letras D, E, F correspondem ao período seco. 39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de colônias de <i>Solenopsis saevissima</i> monitoradas na estação chuvosa e seca, no <i>campus</i> da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, de 2013 a 2015.	24
Tabela 2 - Média, desvio padrão e amplitude do comprimento, largura e altura (cm) dos montes de <i>Solenopsis saevissima</i> encontrados no período chuvoso e seco no <i>campus</i> da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, em 2015.	38
Tabela 3 - <i>Coefficiente de Spearman</i> entre as temperaturas aferidas e os tipos de substratos: Artificial, Natural e Artificial-Natural (Art-Nat) utilizados na nidificação de <i>Solenopsis saevissima</i> no <i>campus</i> da Universidade Federal de Juiz de Fora, no período chuvoso, em 2015.	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. Distribuição e Taxonomia	14
2.2. Biologia e Ecologia Comportamental.....	14
2.3. Importância Econômica e Saúde Pública.....	16
3. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA NIDIFICAÇÃO DA FORMIGA <i>Solenopsis saevissima</i> (Smith, 1855) EM AMBIENTE URBANO	18
RESUMO	18
3.1. INTRODUÇÃO	18
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.2.1. Área e período de estudo	20
3.2.2. Coleta de dados	21
3.2.3. Variáveis Abióticas	22
3.2.4 Distribuição dos ninhos de <i>Solenopsis saevissima</i>	23
3.2.5. Análise dos dados.....	23
3.3. RESULTADOS	23
3.4. DISCUSSÃO	26
4. RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA E MOVIMENTAÇÃO DE FORMIGAS LAVA-PÉS <i>Solenopsis saevissima</i> (Hymenoptera: Formicidae) NO INTERIOR DO NINHO: AVANÇOS PARA O CONTROLE	30
RESUMO	30
4.1. INTRODUÇÃO	31
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	32
4.2.1. Análise dos dados.....	34
4.3. RESULTADOS	35
4.4. DISCUSSÃO	40
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1. INTRODUÇÃO GERAL

As formigas são insetos sociais da família Formicidae, um dos grupos mais comuns de invertebrados (Hölldobler e Wilson, 1990) e caracteriza-se pela ampla distribuição, abundância e riqueza nos ecossistemas terrestres (Alonso e Agosti, 2000; Ward, 2006; Rosumek, 2008). Devido a sua capacidade adaptativa, as formigas estão presentes em quase todos os ambientes como desertos, florestas tropicais, montanhas e vales, com exceção de algumas ilhas oceânicas e nos polos (Wilson, 1987; Fowler *et al.*, 1998; Ward, 2006).

O sucesso das formigas no meio ambiente, está relacionado ao seu comportamento social elaborado: (1) cuidado cooperativo entre os indivíduos (prole e adultos), (2) divisão reprodutiva do trabalho, (3) sobreposição de gerações (Wilson, 1971; Hölldobler e Wilson, 1990).

Existem cerca de 25 000 espécies de formigas no mundo, das quais 12 500 já foram descritas. No Brasil, ocorrem cerca de 2.500 espécies de formigas, sendo que aproximadamente 20 espécies são consideradas pragas urbanas (Brandão, 1999; Della Lucia, 2003; Bolton *et al.*, 2006; Ward, 2010).

Apesar da maioria dessas formigas serem exóticas como *Tapinoma melanocephalum* (Fabricius, 1793) e *Paratrechina longicornis* (Latreille, 1802), existem também espécies nativas como as do gênero *Solenopsis* Westwood, 1840 e *Camponotus* Mayr, 1861 (Della Lucia, 2003).

No Brasil, uma das espécies relatadas com frequência no ambiente urbano é a formiga *Solenopsis saevissima* (Smith, 1855) (Bueno e Campos-Farinha, 1999; Funasa, 2001; Campos-Farinha *et al.*, 2002). Conhecida popularmente como lava-pés ou formiga de fogo, as *Solenopsis saevissima* são com frequência encontradas nidificando em áreas abertas e com alta incidência de luz solar (Lofgren *et al.*, 1975; Campos-Farinha *et al.*, 1997). Dessa forma, acidentes são frequentes com pessoas de todas as idades, especialmente em locais públicos (Deshazo *et al.*, 1999) e as ferroadas podem vir a se tornar feridas susceptíveis à entrada de microrganismos causadores de infecções (FUNASA, 2001).

Apesar das *Solenopsis saevissima* serem consideradas uma das principais pragas urbanas em sua escala nativa (Trager, 1991; Taber, 2000; Martin *et al.*, 2011; Lenoir *et al.*, 2015), poucos estudos abordam o seu sucesso nesse ambiente, que provavelmente envolva a grande disponibilidade de abrigos e alimentos, elevado grau de agressividade

interespecífica, rápida colonização e adaptação a áreas perturbadas e condições ambientais ideais (Bueno e Campos-Farinha, 1999; Bueno e Bueno, 2007; Schüller, 2008; Martin *et al.*, 2011; Zeringóta *et al.*, 2014; Dejean *et al.*, 2015).

Assim, este estudo teve como objetivo geral conhecer os hábitos de nidificação e distribuição das formigas *Solenopsis saevissima* no ambiente urbano, bem como se existe uma época do ano mais favorável para as fundações e de que forma as variáveis ambientais temperatura, umidade relativa do ar e precipitação influenciam nas nidificações. Essas informações irão auxiliar na elaboração de estratégias eficientes de monitoramento e controle de lava-pés, com a redução dos custos e riscos de impacto ambiental, que posteriormente, irão contribuir para a melhoria do bem estar humano.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Distribuição e Taxonomia

O gênero *Solenopsis* Westwood, 1840 contém cerca de 185 espécies de formigas descritas (Tschinkel, 2006), que estão presentes em praticamente todas as partes do mundo, sendo encontradas nas regiões Neotropical, Neoártica, Oriental e Paleártica, (Hölldobler e Wilson, 1990; Morrison *et al.*, 2004; Davis Junior *et al.*, 2001; Yang *et al.*, 2008).

Pitts (2002) propôs modificações para a classificação das formigas de fogo feita por Trager (1991), reorganizando o gênero em quatro grandes grupos ou complexos de acordo com o nível de similaridade existente entre as espécies, são eles: *Solenopsis virulens*, *Solenopsis tridens*, *Solenopsis geminata* e *Solenopsis saevissima*.

O complexo *Solenopsis saevissima* abriga 13 espécies de formigas que são nativas da América do Sul: *Solenopsis interrupta* Santschi, 1916, *Solenopsis invicta* Buren, 1972, *Solenopsis macdonaghi* Santisch, 1916, *Solenopsis megergates* Trager, 1991, *Solenopsis pythia* Santisch, 1934, *Solenopsis quinquecupis* Forel, 1913, *Solenopsis richteri* Forel, 1909, *Solenopsis saevissima* (Smith, 1855), *Solenopsis weyrauchi* Trager, 1991, *Solenopsis electra* Forel, 1914, *Solenopsis pusillignis* Trager, 1991, *Solenopsis daguerrei* (Santisch, 1930) e *Solenopsis hostilis* Borgmeier, 1959 (Tschinkel, 2006).

Na América do Sul, a caracterização sistemática do grupo *Solenopsis saevissima* tem sido marcada por dificuldades no reconhecimento de suas espécies, principalmente devido ao reduzido número de caracteres morfológicos diagnósticos confiáveis (Pitts *et al.*, 2005). Assim, análises filogenéticas tem sido realizadas e, com base em sequências do DNA mitocondrial de amostras provenientes do Brasil e da Argentina, já permitem inferir que o grupo seja monofilético (Shoemaker *et al.*, 2006). No entanto, os autores registraram a ocorrência de DNA mitocondrial de linhagens divergentes em diversas espécies, sugerindo um padrão polifilético para o grupo.

2.2. Biologia e Ecologia Comportamental

As formigas lava-pés são onívoras e oportunistas (Vinson e Greenberg, 1994) alimentando-se preferencialmente de insetos e outros invertebrados pequenos (Vinson, 1986). Essas formigas também se alimentam de líquidos açucarados, principal fonte de

energia para os adultos, enquanto que as proteínas são mais ingeridas na fase larval (Williams *et al.*, 1980; Porter e Tschinkel, 1985; Calabi e Porter, 1989).

As formigas do gênero *Solenopsis* constroem seus ninhos em áreas abertas, formando montículos de terra solta acima da superfície do solo, denominados montes ou murunduns. A principal função desses montes é funcionar como coletor solar, regulando a temperatura ao longo dos seus extratos, o que permite o máximo crescimento da sua prole (Hölldobler e Wilson, 1990; Asano e Cassil, 2012; Penick e Tschinkel, 2008).

Esses murunduns são formados internamente por labirintos e galerias que se comunicam, e que são utilizados na movimentação das formigas, armazenamento de alimentos e depósito de lixo (Hölldobler e Wilson, 1990). Segundo Vogt *et al.* (2004) uma colônia de lava pés pode exceder até 250 mil indivíduos e, atingir uma profundidade de 1m a 1,5m abaixo da superfície do solo (Cassil *et al.*, 2002).

Apresentam agressividade característica na defesa das colônias (Lunz, 2009), quando são perturbadas, as lava-pés saem em grande número, atacando tudo o que está ao seu redor, sendo capazes de ferir até doze vezes, o que causa lesões pustulosas na pele da vítima (Deshazo *et al.*, 1999; FUNASA, 2001). O veneno das formigas lava-pés é produzido por uma glândula conectada ao ferrão, onde cerca de 90% é constituído de alcaloides oleosos e menos de 10% tem constituição proteica, capazes de provocar reações alérgicas em determinados indivíduos (Allen *et al.*, 2001). No Brasil, o maior número de acidentes de importância médica com formigas deve-se à espécie *Solenopsis saevissima* (Malaspina, 2004).

Com relação à reprodução de *Solenopsis*, há ocorrência de um voo nupcial, quando machos e fêmeas, ambos alados, copulam no ar. Os alados podem voar até uma altura de 250 m e descer no solo até um raio de 2 km de distância do ninho de origem. Essa facilidade de disseminação das rainhas a longas distâncias é um dos motivos que explicam a dificuldade em controlar as formigas lava-pés (Hölldobler e Wilson, 1990).

As formigas *Solenopsis* são consideradas pragas urbanas devido aos inúmeros prejuízos econômicos que causam. Porém, alguns efeitos benéficos já estão sendo relatados, como por exemplo, a sua utilização no controle de organismos causadores de danos às plantas cultivadas. Eubanks (2001) encontrou uma correlação negativa entre as densidades de *Solenopsis invicta* e espécies de insetos herbívoros em plantios de algodão e soja no Alabama, EUA. Vogt *et al.* (2001), observaram em uma plantação de amendoim em Oklahoma, EUA, que *S. invicta* coletou sete vezes mais artrópodes pragas que benéficos.

Por serem consideradas pragas em muitos ambientes urbanos, as formigas *Solenopsis* são de difícil controle, seja químico ou biológico. O controle químico ainda é o mais utilizado, apesar dessas substâncias serem nocivas ao meio ambiente (Almeida et al., 2007).

O uso indiscriminado de inseticidas dificulta a sua eficácia no controle de formigas, além de causar a médio prazo um aumento na sua população. Esses produtos são aplicados sobre as operárias que circulam fora do ninho, e que representam cerca de 10% a 15% da população de formiga que sai para forragear. Isso gera uma fragmentação nas colônias e consequente um aumento no número de formigas (Campos-farinha et al., 1995; Bueno e Campos-Farinha, 1999; Oliveira e Campos-Farinha, 2005). De acordo com Campos-Farinha et al. (2002), as iscas tóxicas são as mais indicadas para o controle químico, pois entram no ciclo alimentar da colônia e tem lenta absorção.

O controle biológico com a mosca do gênero *Pseudacteon* (Diptera: Phoridae) (moscas decapitadoras) vem sendo utilizado nos Estados Unidos com a formiga *Solenopsis invicta*, e apresentando resultados satisfatórios (Graham et al., 2003; Porter et al., 2004). Uma das vantagens em se utilizar moscas decapitadoras é a sua especificidade sobre o hospedeiro, as fêmeas desse parasitóide ovipositam no corpo das operárias e suas larvas se desenvolvem matando a formiga, além de provocar distúrbios no comportamento de forrageamento (Porter, 1998; Morrison et al., 2000; Morrison e Porter, 2005; Ramirez et al., 2006).

2.3. Importância Econômica e Saúde Pública

Devido ao intenso processo de urbanização das últimas décadas, as formigas tem se estabelecido com sucesso no ambiente urbano, causando vários problemas econômicos, de saúde pública e ao bem estar humano (Oliveira e Campos-Farinha, 2005; Pinto et al., 2007, Fowler e Bueno, 1998; Campos-Farinha et al., 2002).

Na agricultura as formigas causam prejuízos na produção e no armazenamento de alimentos. No ambiente urbano causam danos em campos de futebol, gramados e parques onde se alimentam de sementes e desfolham as plantas (Campos-Farinha et al., 1997). Causam problemas também em instituições de pesquisas, zoológicos, biotérios, museus, cabines de eletricidade e centrais telefônicas (Oliveira e Campos-Farinha et al., 2005).

No Brasil existem alguns relatos de acidentes com *Solenopsis saevissima*, como por exemplo, no município de Maringá, estado do Paraná. O serviço de Controle de Zoonoses e Pragas Urbanas da Secretaria Municipal de Saúde registrou um aumento significativo nas reclamações com acidentes ocorridos com insetos em todo o estado. Após uma avaliação mais detalhada, concluíram que a maioria desses insetos se tratavam de formigas, entre elas a *Solenopsis saevissima*, que muitas vezes levavam os pacientes a procurarem atendimento médico (Oliveira e Campos-Farinhas, 2005).

No estado do Amazonas já foi relatado dois grandes e importantes acidentes com *S. saevissima*, nos municípios de Eirunepé e Envira. Em ambos os acidentes, as cidades decretaram situação de calamidade pública, com prejuízos que se estenderam para a população, produção agrícola e para a economia local (Gusmão, 2010, Brasil, 2016).

Em hospitais as formigas podem atuar como vetores de microorganismos patogênicos como vírus, fungos e bactérias, transportando-os por toda a área do hospital (Bueno e Bueno, 2007; Costa, 2006). Segundo Pereira e Ueno (2008), vários fatores como estrutura arquitetônica, proximidade a residências, interferências climáticas e sobras de comida influenciam na presença das formigas nesse ambiente. Um estudo realizado em dois hospitais diferentes na Bahia por Delabie *et al.* (2010) demonstrou que mais da metade das formigas encontradas estavam associadas a bactérias oportunista patogênicas.

Além dos riscos de transporte de agente patogênicos, algumas formigas do gênero *Solenopsis* podem causar acidentes com seres humanos através de sua mordida e ferroadas, desencadeando reações alérgicas graves, anafilaxia e necrose tecidual (FUNASA, 2001; Haddad Junior, 2009; Dress *et al.*, 2012).

No Brasil, estudos com *Solenopsis saevissima* ainda são escassos, mas pode-se destacar importantes trabalhos, principalmente na região sudeste como, por exemplo, de Zeringóta *et al.* (2014) que estudou no município de Juiz de Fora, Minas Gerais, os hábitos de nidificação dessas formigas e sua resposta frente a perturbação em um ambiente urbano. Souza *et al.* (2004) avaliaram, em laboratório, a preferência de rainhas de *Solenopsis saevissima* por orifícios pré-formados e se existia competição entre elas por recurso. Fox (2010) realizou um amplo estudo sobre biologia, morfologia e bioquímica do veneno de *S. saevissima* em Rio Claro, São Paulo.

3. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA NIDIFICAÇÃO DA FORMIGA *Solenopsis saevissima* (Smith, 1855) EM AMBIENTE URBANO

Elisa Furtado Fernandes ⁽¹⁾, Mariana Monteiro de Castro ^(1,2), Fábio Prezoto ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Laboratório de Ecologia Comportamental e Bioacústica (Labec), Universidade Federal de Juiz de Fora, MG

⁽²⁾ Centro de Estudos de Insetos Sociais (CEIS), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Rio Claro, SP

RESUMO

As formigas *Solenopsis saevissima* são consideradas uma das principais pragas em sua escala nativa devido a facilidade de dispersão pelo ambiente, podendo inclusive formar “supercolônias”. Dessa forma, este estudo objetivou determinar a distribuição espacial de lava-pés no ambiente urbano, caracterizar o hábito de nidificação e investigar se as variáveis ambientais influenciaram nas fundações das colônias. O estudo foi conduzido no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, entre os anos de 2013 a 2015, sendo duas amostragens na estação chuvosa e duas na estação seca. Os resultados demonstraram que as colônias permaneceram ativas durante todo o período de estudo, com uma preferência pelo substrato artificial-natural para a nidificação nas duas estações. A distribuição espacial ocorreu de forma agregada nas estações chuvosa e seca. As variáveis ambientais, temperatura, umidade relativa do ar e precipitação, influenciaram no número de nidificações quando avaliamos todo o período de amostragem. Este estudo contribuiu para melhor compreensão do comportamento de nidificação de *Solenopsis saevissima* no ambiente urbano.

Palavras chave: Distribuição agregada, Lava-pés, Precipitação, Temperatura, Umidade relativa do ar

3.1. INTRODUÇÃO

O intenso processo de urbanização ocorrido nas últimas décadas tem sido tratado como uma das maiores ameaças a biodiversidade (McKinney 2002; Uno *et al.*, 2010). A perda dos ambientes naturais em habitações humanas tem proporcionado o surgimento de animais sinantrópicos como as formigas, que tem se adaptado facilmente

devido a grande disponibilidade de abrigos e alimentos (Oliveira e Campos-Farinha, 2005; Pinto *et al.*, 2007; Schuller, 2008).

No ambiente urbano, as formigas tem causado prejuízos em residências, nos setores agrícola e industrial, além de riscos a saúde humana por serem vetores de organismos patogênicos (Fowler e Bueno, 1998; Bueno e Campos-Farinha, 1999; Campos-Farinha *et al.*, 2002; Moreira *et al.*, 2005; Costa *et al.*, 2006). No Brasil, cerca de 20 espécies de formigas são consideradas pragas urbanas, com destaque para os gêneros *Brachymyrmex* Mayr, 1868, *Camponotus* Mayr, 1861, *Crematogaster* Lund, 1831, *Dorymyrmex* Mayr, 1866, *Paratrechina* Donisthorpe, 194, *Pheidole* Westwood, 1839 e *Solenopsis* Westwood, 1840 (Della Lucia, 2003).

O gênero *Solenopsis* Westwood, 1840 apresenta cerca 185 espécies de formigas descritas em todo o mundo (Tschinkel, 2006). No Brasil, uma das espécies do gênero amplamente encontrada é a *Solenopsis saevissima* (Smith, 1855), que tem se tornado no ambiente urbano uma praga de importância médica e econômica (Bueno e Campos-Farinha, 1999; Funasa, 2001; Campos-Farinha *et al.*, 2002).

A formiga *Solenopsis saevissima* é também conhecida como lava-pés ou formiga de fogo devido a sua picada dolorosa. Essa formiga é frequentemente encontrada nidificando em áreas abertas (Trager, 1991; Delabie *et al.*, 2009; Zeringóta *et al.*, 2014), dessa forma, é muito comum encontrar colônias em parques, praças, jardins e rodovias, o que aumenta o risco de acidentes.

Nas áreas tropicais, os danos causados por *Solenopsis saevissima* pode ser comparado aos prejuízos que a *Solenopsis invicta* (Buren, 1972) tem causado nos países de clima temperado e subtropical, onde foi introduzida (Tschinkel, 2006; Calcaterra *et al.*, 2008; Dejean *et al.*, 2015). Nos Estados Unidos, são gastos anualmente cerca de 2,5 bilhões de dólares na tentativa de controle de lava-pés, sendo que cerca de 50% das pessoas que habitam as regiões infestadas são ferroadas pelo menos uma vez por ano, fazendo com que muitas delas acabem por necessitar de cuidados médicos (Della Lucia, 2003; Cumberland e Kirkman, 2012).

Inúmeros fatores contribuem para o sucesso reprodutivo de uma colônia de formigas e controlam a sua distribuição espacial (Almeida, 2007), sendo os fatores abióticos temperatura, umidade relativa do ar e precipitação de grande importância na distribuição e densidade das espécies (Porter e Tschinkel, 1993; Soares e Schoereder, 2001; Sanders *et al.*, 2003; Diehl *et al.*, 2005; Morrison *et al.*, 2005). Almeida *et al.*

(2007) estudando a distribuição de *Solenopsis invicta* no Rio de Janeiro, constataram que áreas com maior temperatura do solo e do ar apresentaram o maior número de colônias ativas de lava-pés. Esses autores afirmam que essas formigas nidificam em locais abertos devido o solo receber intensa radiação solar, o que aumenta a velocidade de crescimento da colônia.

Investigar como ocorre a nidificação de lava-pés no ambiente urbano é um desafio, pois envolve conhecimentos sobre ecologia e comportamento dessas formigas. Assim, o presente estudo objetivou determinar a distribuição espacial das colônias de *Solenopsis saevissima* no ambiente urbano, caracterizar os locais de nidificação, verificar se as colônias permanecem ativas durante todo o ano, e se os fatores abióticos temperatura, umidade relativa do ar e precipitação influenciam na densidade populacional de formigas lava-pés.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Área e período de estudo

O estudo foi conduzido no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Zona da Mata de Minas Gerais, região sudeste do Brasil (S 21° 4' 20" W 43° 20' 40"; 800 m asl). Este local foi escolhido por apresentar grandes áreas abertas e gramadas, susceptíveis a elevadas densidades de ninhos de *Solenopsis saevissima* (Zeringóta *et al.*, 2014) (Ilustração 1).

Segundo a classificação de Köppen-Geiger (Sá-Júnior *et al.*, 2012), Juiz de Fora apresenta clima do tipo subtropical quente (Cwa), com inverno seco (maio a setembro) e verão chuvoso (outubro a abril). A temperatura média anual é de aproximadamente 19°C e a precipitação média anual, cerca de 1600 milímetros (IMNET, 2014). As coletas foram realizadas de Outubro de 2013 a Agosto de 2015, sendo duas amostragens na estação chuvosa e duas na estação seca, contemplando os meses típicos de cada estação.



Ilustração 1 - Esquema do *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2016. Fonte: <http://www.ufjf.br/ufjf/mapas>.

3.2.2. Coleta de dados

Em cada amostragem foi realizada uma vistoria por toda a área do *campus* para localizar colônias ativas de *Solenopsis saevissima*. Cada colônia ativa encontrada teve suas informações georreferenciadas, o que permitiu monitorar a duração da colônia bem como localizá-la com exatidão ao longo das amostragens. Todas as inspeções foram realizadas no período diurno (8-18h).

Durante o primeiro registro da colônia, três indivíduos foram coletados, fixados em álcool 70% e armazenados em eppendorfs. Posteriormente foram depositados na coleção do Laboratório de Ecologia Comportamental e Bioacústica (LABEC) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). A colônia era considerada inativa, quando, após uma perturbação, não era possível ver formigas saindo de dentro da colônia.

As dimensões das colônias foram mensuradas através da caracterização morfométrica do murundum (medida do maior comprimento, largura e altura), obtida com a utilização de uma trena, como proposto por Zeringóta *et al.* (2014) (Ilustração 2).



Ilustração 2 - Mensuração dos dados morfométricos das colônias de *Solenopsis saevissima* no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, em 2015. A: Maior comprimento, B: Maior largura, C: Maior altura.

Os locais de nidificação utilizados pelas formigas foram classificados em três categorias: (a) substrato artificial: ninhos em associação com construções humanas, meio fio, calçada, cimento e asfalto; (b) substrato natural: ninhos em associação com vegetação rasteira e/ou de grande porte e em galhos de árvores cortadas e (c) substrato artificial/natural: meio fio em contato com grama, placas de pedra/concreto com grama (Zeringóta *et al.*, 2014) (Ilustração 3).

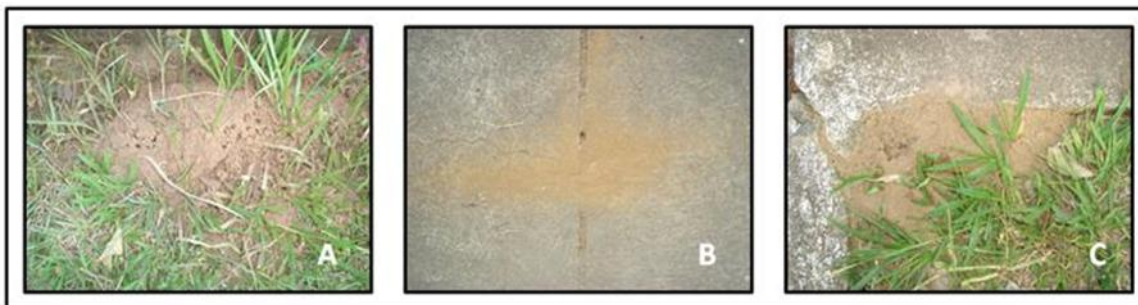


Ilustração 3 - Substratos utilizados para a nidificação de *Solenopsis saevissima* no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, em 2015. A: Natural, B: Artificial, C: Artificial-Natural.

3.2.3. Variáveis Abióticas

Dados diários de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação foram fornecidos pelo Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LabCaa) da Universidade Federal de Juiz de Fora, através da Estação Meteorológica Automática – EMA/INMET.

3.2.4 Distribuição dos ninhos de *Solenopsis saevissima*

Para calcular a distribuição das colônias foi utilizado o Índice de Morisita (I_d):

$$I_d = n \times \frac{\sum X^2 - N}{N(N-1)}$$

Onde n : número de unidades amostrais; N : é o número total de indivíduos contados em todas as n unidades amostrais; x^2 : é o quadrado do número de indivíduos por unidade amostral, somadas todas as unidades. Se: a dispersão é **Aleatória**, $I_d = 1,0$; se é perfeitamente **Uniforme**, $I_d = 0$ ($I_d < 1,0$); e o padrão **Agregado** é dado por $I_d > 1,0$, com o máximo de agregação sendo $I_d = n$ (quando todos os indivíduos são encontrados em 1 unidade amostral).

3.2.5. Análise dos dados

A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para comparar os dados morfométricos do monte externo. Para comparar o número total de colônias e o número de colônias novas registradas em cada estação, foi utilizado o teste do Qui-quadrado. Para o estudo da influência dos fatores abióticos (temperatura, umidade relativa do ar e precipitação) sobre o número de colônias encontradas foi realizado o teste de regressão linear múltipla. Todos os testes estatísticos foram realizados por meio do *software freeware* BioEstat versão 5.3 (Ayres *et al.*, 2015).

3.3. RESULTADOS

Foram registradas um total de 1364 colônias ativas ao longo de todo o período de estudo, sendo 625 colônias na estação chuvosa e 739 na estação seca. O teste do Qui-quadrado revelou que ocorreu diferença significativa entre as estações ($X^2 = 41,14$, $p < 0,0001$).

As faculdades de Engenharia (30,43%, $n = 416$), Educação Física (19,57%, $n = 267$) e Reitoria (19,16%, $n = 262$) foram os locais que apresentaram o maior número de colônias ao longo dos dois anos de estudo, já o Centro de Biologia da reprodução (1,17%, $n = 16$) e o Instituto de Ciências Humanas (2,7%, $n = 37$) e Ciências Exatas (2,7%, $n = 37$) os locais com o menor número de colônias (Tabela 1)

Nas estações chuvosa e seca, os locais que se mantiveram com o maior número de colônias foram a Faculdade de Engenharia, Faculdade de Educação Física e a Reitoria. Na estação seca, apenas a Faculdade de Direito, o Instituto de Ciências Biológicas e o Instituto de Ciências Humanas apresentaram um menor número de colônias quando comparados com a estação chuvosa.

Tabela 1 - Número de colônias de *Solenopsis saevissima* monitoradas na estação chuvosa e seca, no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, de 2013 a 2015.

Locais	Número de colônias Ativas		
	Estação Chuvosa	Estação Seca	Total
Centro de Biologia da Reprodução	4	12	16
CCS – ECON - ICHN	51	89	140
Faculdade de Direito e Educação	68	52	120
Faculdade de Educação Física	110	157	267
Faculdade de Engenharia	190	226	416
Instituto de Ciências Biológicas	39	30	69
Instituto de Ciências Exatas	16	21	37
Instituto de Ciências Humanas	27	10	37
Reitoria	120	142	262
Total	625	739	1364

Legenda: CCS: Centro de ciências da saúde. ECON: Faculdade de Economia. ICHN: Novo Instituto de Ciências Humanas.

Foram registradas 361 colônias novas na estação seca e 270 colônias novas na estação chuvosa, havendo diferença significativa entre as estações ($X^2 = 91,17$, $p < 0,0001$). Agosto de 2014 foi o mês com o maior número de colônias novas e novembro de 2014 o mês com o menor número de colônias novas registradas, 104 e 43, respectivamente (Ilustração 4).

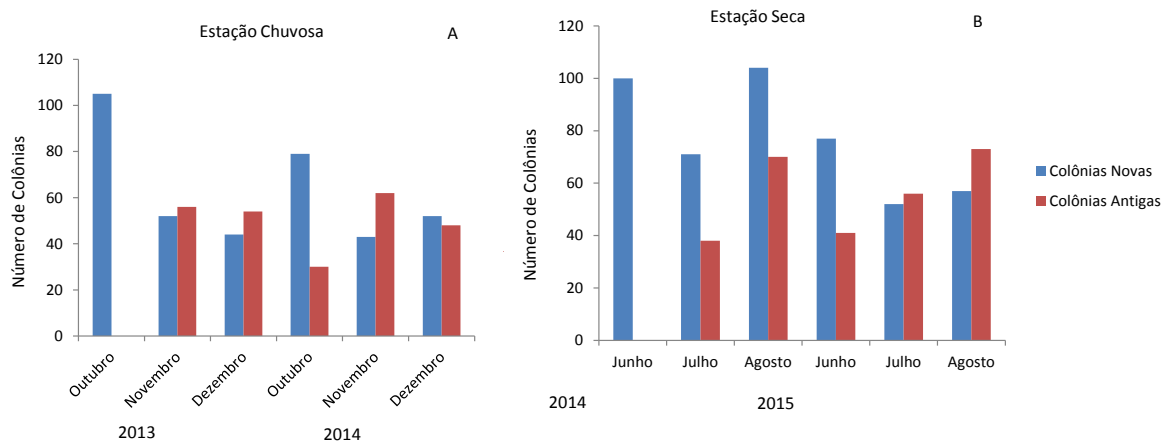


Ilustração 4 - Número de colônias novas de *Solenopsis saevissima* registradas no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, de 2013 a 2015. 4A: Estação Chuvosa, 4B: Estação Seca.

Em relação à morfometria das colônias, na estação seca o comprimento, largura e altura médias foram maiores do que na estação chuvosa, sendo que o comprimento e a largura diferiram estatisticamente entre as estações, encontrando os seguintes valores ($F= 24,77$, $p<0,0001$) e ($F= 41,79$, $p<0,0001$), respectivamente (Ilustração 5).

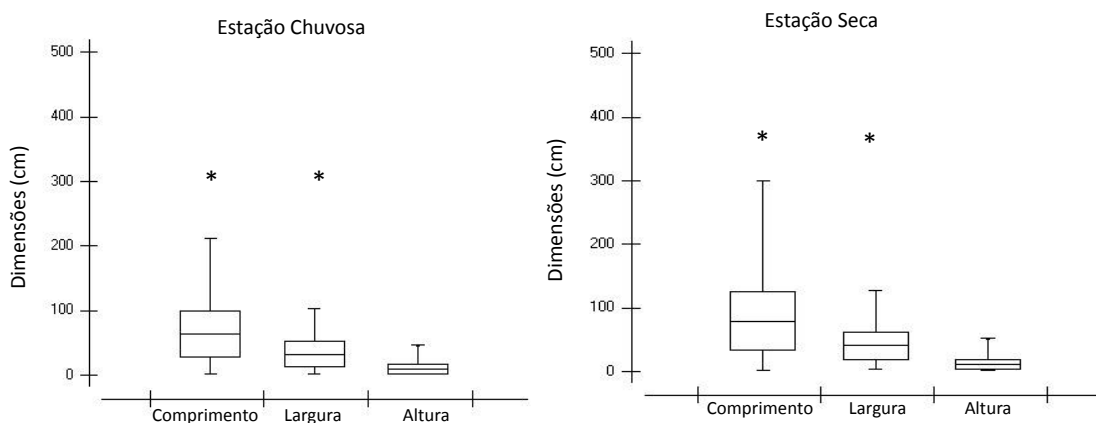


Ilustração 5 - Média, desvio padrão e amplitude das colônias de *Solenopsis saevissima* registradas na estação chuvosa e seca, no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, de 2013 a 2015. O símbolo (*) no gráfico representa que ocorreu diferença significativa entre os comprimentos e larguras das colônias nas duas estações.

Ao ser considerado os tipos de substratos utilizados durante todo o período de coleta, o que mais se destacou como base para as nidificações foi o substrato Artificial-

Natural nas duas estações, sendo 269 (43,04%) na estação chuvosa e 358 (48,24%) na estação seca (Ilustração 6).

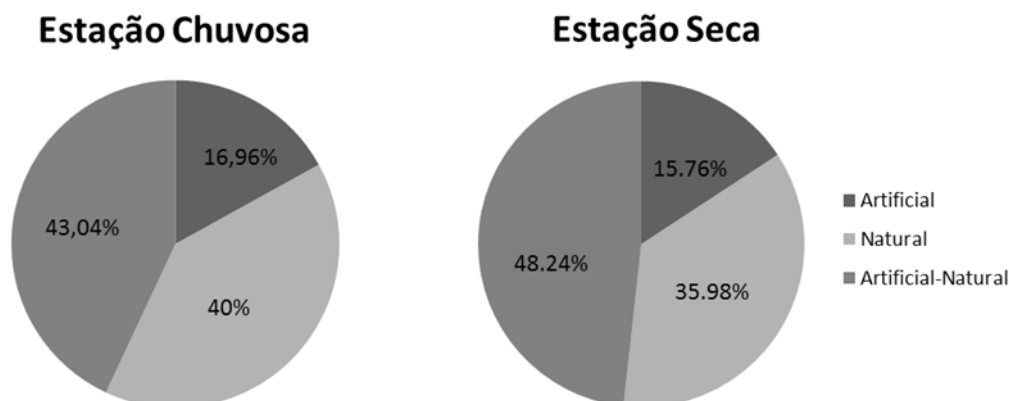


Ilustração 6 - Substratos utilizados para a nidificação de *Solenopsis saevissima* no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, de 2013 a 2015.

A análise de regressão linear de todo o período estudado entre os fatores abióticos temperatura, umidade relativa do ar e precipitação e o número de colônias encontradas foi significativa ($F= 5,33$, $p= 0,0257$). O coeficiente de correlação múltipla (R_{yy}) obtido foi 81,72, indicando que aproximadamente 80% das colônias foram influenciadas pelos padrões climáticos analisados. O modelo linear que apresenta a relação entre os fatores abióticos e a quantidade de colônias novas é: $Y= 716, 8097 + 0,0067X_1 + 0,0308X_2 + 0,0446X_3$. Onde 716, 8097 corresponde ao valor do intercepto, X_1 : Coeficiente de temperatura, X_2 : Coeficiente de precipitação, X_3 : Coeficiente de Umidade.

Na estação seca o teste de regressão linear entre a temperatura, umidade relativa do ar e precipitação em relação ao número de colônias encontradas foi significativo ($F= 19,23$, $p= 0,0492$). O coeficiente de correlação múltipla (R_{yy}) foi 98,31, o que indica que aproximadamente 98% das colônias foram influenciadas pelas variáveis abióticas. Na estação chuvosa, o teste de regressão linear não apresentou resultado significativo ($F= 3,79$, $p= 0,2152$).

A distribuição dos ninhos foi significativamente agregada para ambas as estações, Índice de concentração=1,66 na estação chuvosa e Índice de concentração=1,78 para a estação seca.

3.4. DISCUSSÃO

Foram registradas colônias ativas de *Solenopsis saevissima* durante todo o período de estudo e em grande número, o que sugere que essas formigas estão bem adaptadas ao ambiente e que ele oferece boas condições de abrigo e alimentos,

favorecendo as nidificações. Inúmeros estudos como Campos-Farinha *et al.* (2002), Oliveira e Campos Farinha (2005), Dress *et al.* (2012), Zeringóta *et al.* (2014) já relatam a presença de *Solenopsis saevissima* no ambiente urbano, sendo que Zeringóta encontrou colônias ativas de lava pés durante todo um ano de experimento.

Na estação seca, as colônias de lava-pés apresentaram-se maiores do que na estação chuvosa, contrariando os dados obtidos por Zeringóta *et al.* (2014), com *Solenopsis saevissima* no município de Juiz de Fora, Almeida *et al.* (2007) e Macom e Porter (1996) com *Solenopsis invicta*, para a cidade do Rio de Janeiro e Estados Unidos, respectivamente. De acordo com Penick e Tschinkel (2008), em temperaturas mais baixas, as *Solenopsis* tendem a construir montes maiores e mais altos para absorver melhor a luz solar, que é indispensável na realização de funções dentro da colônia.

A tendência observada em obter um maior número de nidificações nos substratos natural e artificial/natural nas duas estações de estudo, pode ser explicada pela preferência que as formigas *S. saevissima* têm por construir seus ninhos em áreas gramadas e próximas a construções humanas (Morrison e Porter, 2004) em que esse tipo de substrato oferece maior estabilidade, principalmente para enfrentar períodos de maior precipitação, além de aumentar a expectativa de sobrevivência e a segurança das colônias (Zeringóta *et al.*, 2014).

As variáveis climáticas parecem exercer um forte efeito sobre as nidificações. De acordo com Folgarait *et al.* (2003), algumas espécies de insetos estão associadas a épocas de baixa umidade relativa do ar e altas temperaturas, enquanto outras espécies apresentam um padrão oposto.

Zeringóta *et al.* (2014), observaram no ambiente urbano, que existe um limiar de precipitação (120 a 350mm) que parece favorecer o crescimento das colônias de *Solenopsis saevissima*, assim quando a umidade e precipitação estão baixas ou acima do ideal, influenciam negativamente nas nidificações. Alguns estudos também relatam a importância da umidade do solo para a nidificação de *Solenopsis*, inclusive demonstrando que os indivíduos apresentam tolerâncias diferentes às variações de umidade dentro da colônia (Porter, 1988; Hölldobler e Wilson, 1990; Korzukhin *et al.*, 2001; Xu *et al.*, 2009).

A temperatura é o principal fator ecológico que influencia no crescimento e metabolismo de uma colônia de formigas (Silveira Neto *et al.*, 1976; Porter e Tschinkel, 1993). Nos Estados Unidos, onde as formigas de fogo são pragas no ambiente urbano, já existem modelos baseados na temperatura global para prever a sua expansão, e

consequentemente prevenir que elas causem mais danos a esse ambiente (Korzukhin *et al.*, 2001; Morrison *et al.*, 2004; Morrison *et al.*, 2005).

Na estação seca foi encontrado um maior número de colônias do que na estação chuvosa, dados que contrariam os de Zeringóta *et al.* (2014) para a mesma região de estudo. Este fato pode estar relacionado as condições climáticas atípicas da estação chuvosa em 2014 e 2015 para o município de Juiz de Fora, que apresentou altas temperaturas e baixa precipitação (Laboratório de climatologia e Análise ambiental, 2015). Essas mudanças climáticas podem ter atrasado o período de reprodução das formigas e, consequentemente ter efeitos sobre as fundações das colônias. De acordo com Wilson (1975), o voo nupcial é influenciado por fatores climáticos como precipitação e temperatura, além da velocidade do vento, que dão aos machos e fêmeas maiores chances para o acasalamento bem como para a localização de locais adequados para a fundação das colônias.

Trabalhos como o de Tschinkel (2006) nos Estados Unidos, apontam que após o voo nupcial, mais de 90% das colônias de lava-pés demoram de sete a 10 meses para surgirem no ambiente, apesar desses voos ocorrerem durante todo o ano.

A distribuição dos organismos no meio ambiente é influenciada por fatores que proporcionem condições favoráveis para a reprodução e sobrevivência das espécies (Townsend *et al.*, 2010). Neste estudo, a distribuição de lava-pés ocorreu de forma agregada, e, segundo Ricklefs (2003), essa dispersão é encontrada em espécies que tem uma predisposição em formar grupos e que a prole tende a permanecer unida aos seus pais.

Albuquerque *et al.* (2005) encontraram uma distribuição agregada para a formiga *Mycetophylax simplex* (Emery) em áreas de dunas. Os autores sugeriram que esse padrão de distribuição está relacionado à disponibilidade de locais de nidificação e recursos para forrageamento. Almeida *et al.* (2007), também encontraram uma distribuição agregada para a formiga *Solenopsis invicta* no município do Rio de Janeiro.

No campus da UFJF é possível observar que as colônias de lava-pés se encontram próximas uma das outras, provavelmente porque seus montes estão interligados aos montes circundantes por túneis subterrâneos, permitindo o fluxo de formigas entre as colônias (Hölldobler e Wilson, 1990; Trager, 1991). Martin *et al.* (2011) relataram uma única colônia de *Solenopsis saevissima* na Guiana Francesa ao longo de 54 km. Os autores relacionaram essa unicolonialidade a facilidade que as lava-

pés tem em se dispersarem pelo ambiente urbano, o que explica o seu sucesso em áreas onde são consideradas invasoras.

Os dados encontrados nesse estudo indicaram que as lava-pés estão presentes no ambiente urbano durante todo o ano, não havendo diferença entre as estações climáticas. Esse resultado, aliado ao conhecimento sobre o hábito de nidificação, e a influência dos fatores abióticos nas fundações das colônias, permitiram compreender o porque da sua rápida expansão nesse ambiente antropizado. Esses dados também sugerem que não existe uma época adequada para o controle de lava-pés, porém ele deve ser feito de forma eficaz e que diminua os riscos de contaminação do ambiente, além disso, alertar a população sobre os riscos de acidentes se torna de suma importância no combate a acidentes com essas formigas.

4. RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA E MOVIMENTAÇÃO DE FORMIGAS LAVA-PÉS *Solenopsis saevissima* (Hymenoptera: Formicidae) NO INTERIOR DO NINHO: AVANÇOS PARA O CONTROLE

Elisa Furtado Fernandes ⁽¹⁾, Mariana Monteiro de Castro ^(1,2), Fábio Prezoto ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Laboratório de Ecologia Comportamental e Bioacústica (Labec), Universidade Federal de Juiz de Fora, MG

⁽²⁾ Centro de Estudos de Insetos Sociais (CEIS), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Rio Claro, SP

RESUMO

Os ninhos da formiga lava-pé *Solenopsis saevissima* são formados internamente por uma rede de galerias e túneis que permitem sua movimentação, bem como a seleção de locais com temperaturas que propiciam boas condições para a manutenção da prole. Assim, este trabalho teve como objetivo investigar as variações de temperatura ao longo do dia em ninhos de lava-pés e a movimentação dessas formigas dentro dos seus murunduns. O estudo foi realizado no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, em janeiro e julho de 2015, durante os períodos chuvoso e seco. Foram amostrados 72 ninhos, que tiveram suas temperaturas medidas ao longo de todo o dia, de hora em hora, de sete às 20h. Os resultados demonstraram que a temperatura do interior do murundum, superfície e substrato próximo variaram de forma diferente ao longo do dia. No período chuvoso e seco, a temperatura da superfície do ninho foi a que aqueceu e resfriou mais rapidamente ao longo do dia. A temperatura do interior do murundum foi a que menos variou nos dois períodos. Essa diferença de temperatura no murundum pode ter refletido na movimentação de lava-pés dentro do ninho. No período seco, os ninhos apresentaram um tamanho médio maior que no período chuvoso, isso ocorreu porque em temperaturas mais baixas, os ninhos tendem a apresentar um tamanho maior para aumentar a superfície de absorção do sol. Este estudo contribuiu para conhecer melhor o comportamento de lava pés frente às variações diárias de temperatura, e inferir os melhores horários do dia para o controle e monitoramento de *Solenopsis saevissima*.

Palavras chave: Formiga de fogo, Período chuvoso, Período seco, Variação térmica diária.

4.1. INTRODUÇÃO

A temperatura é o principal fator ecológico que influencia na vida dos insetos, seja diretamente afetando seu desenvolvimento e comportamento, seja indiretamente influenciando na sua alimentação (Silveira Neto *et al.*, 1976). Os insetos não conseguem manter sua temperatura corporal constante independente do ambiente, e, dessa forma, por meio da termorregulação, são capazes de aumentar ou diminuir sua temperatura. Esse mecanismo varia em relação ao meio ambiente, sendo realizado tanto por meios comportamentais como por mecanismos fisiológicos (Gullan e Cranston, 2007).

A temperatura é um elemento chave para entender o comportamento de termorregulação das formigas (Porter e Tschinkel, 1993), principalmente para as espécies que constroem seus ninhos acima da superfície do solo, formando verdadeiros montes ou murunduns (Hölldobler e Wilson, 1990; Penick e Tschinkel, 2008). Esses murunduns são encontrados em aproximadamente 10 gêneros, distribuídos em três subfamílias de formigas, incluindo o gênero *Solenopsis* Westwood, 1840 (Vogt *et al.*, 2008).

O gênero *Solenopsis* apresenta aproximadamente 185 espécies de formigas descritas (Tschinkel, 2006). Os ninhos dessas formigas são formados por inúmeros canais e câmaras que se comunicam e que são utilizados para a movimentação das formigas, armazenamento de alimentos, depósito de lixo e criadouro de larvas (Hölldobler e Wilson, 1990; Bueno e Campos-Farinha, 1999; Penick e Tschinkel, 2008). De acordo com Asano e Cassil (2012), os montes das formigas *Solenopsis* também funcionam como coletores solares, pois toleram uma grande variação de temperatura ao longo de seus estratos, proporcionando temperaturas adequadas para os diversos estágios de vida.

No Brasil, uma das espécies do gênero amplamente encontrada é a *Solenopsis saevissima* (Smith, 1855), também conhecida como formiga de fogo ou lava-pés devido as suas ferroadas dolorosas, que causam ardência e bolhas semelhantes a de uma queimadura. Essa espécie está presente em quase todo o litoral brasileiro, ocupando uma área que vai desde o estado de São Paulo até o interior do Amazonas (Pitts, 2002).

As lava-pés são frequentemente encontradas no ambiente urbano, onde preferem nidificar em locais com alta incidência de luz solar (Zeringóta *et al.*, 2014; Campos-Farinha *et al.*, 1997), optando por áreas inundadas e perturbadas, tais como praças, parques, pastagens e rodovias (Logfren *et al.*, 1975; Martin *et al.*, 2011; Zeringóta *et al.*, 2014), aumentando os riscos de acidentes. Em 2011, as lava-pés apareceram no Manual

da Funasa (Fundação Nacional de Saúde) de diagnóstico e tratamento de acidentes por animais peçonhentos (FUNASA, 2011).

As dimensões do monte da formiga de fogo dependem do tamanho da colônia, algumas podem exceder 250 mil indivíduos e ocupar um volume total de 60 litros acima do solo (Vogt, 2004). Também podem atingir uma profundidade de 1 a 1,5 metros abaixo do solo (Cassil *et al.*, 2002).

Alguns estudos já relatam a importância da temperatura para o crescimento e manutenção das colônias de lava-pés. Korzukhin *et al.* (2001) afirmaram que a temperatura, em especial a do solo, atua como o principal fator ecológico regulador da reprodução e crescimento das colônias de *Solenopsis invicta* (Buren, 1972). Porter e Tschinkel (1993), realizando experimentos em laboratório, onde mantinham colônias de *S. invicta* em temperaturas controladas, concluíram que colônias bem alimentadas crescem entre 22°C e 36°C, com um máximo de crescimento a 31°C. A temperatura também pode afetar o tamanho das colônias, bem como alterar a sobrevivência da prole e a longevidade das operárias (Asano e Cassil, 2012).

Assim, para obter maiores informações sobre a espécie *Solenopsis saevissima*, este estudo buscou investigar mais detalhadamente como a temperatura varia nas diferentes regiões do monte, bem como ao seu redor. Mais especificamente este trabalho buscou responder questões importantes como: De que forma a temperatura do interior da colônia e da superfície varia nos diferentes períodos do ano? Essa variação é semelhante a do substrato ao seu redor? A temperatura afeta a distribuição das formigas no interior do ninho? O tamanho dos ninhos difere entre os períodos amostrados? As temperaturas registradas variam de forma diferente nos substratos utilizados para a nidificação? Uma vez que a área de estudo apresenta duas estações bem definidas, essa diferença de temperatura entre as estações pode modificar a forma como as regiões do monte se aquecem e se resfriam, assim como alterar o comportamento de deslocamento das formigas no interior do murundum. Essas respostas servirão para nortear futuros trabalhos de monitoramento e controle de *Solenopsis saevissima* no ambiente urbano.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados foi realizada nos meses de janeiro e julho de 2015, durante uma semana, para contemplar o período climático típico de cada estação. O local de estudo foi o *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Minas Gerais, sudeste do Brasil (S 21° 4' 20" W 43° 20' 40"; 800 m asl). Essa área foi escolhida por

apresentar uma população bem estabelecida da espécie *Solenopsis saevissima*, que ficou evidenciado no trabalho realizado por Zeringóta *et al.* (2014). Segundo a classificação de Köppen-Geiger a região apresenta clima do tipo subtropical quente (Cwa), com inverno seco (maio a setembro) e verão chuvoso (outubro a abril) (Sá-Júnior *et al.*, 2012). A temperatura média anual é de aproximadamente 19°C, com precipitação média anual cerca de 1600 milímetros (IMNET, 2014).

Foram amostradas um total de 72 ninhos (36 em cada estação). Cada ninho teve sua temperatura medida ao longo de um dia, de hora em hora, durante o intervalo de sete às 20h. Foram aferidas as temperaturas de três áreas:

(a) Interior do ninho, diz respeito ao interior do monte: A aferição da temperatura deu-se por meio de um termômetro tipo espeto digital (cerca de sete cm para o interior do ninho) (Ilustração 7A).

(b) Superfície externa do monte, trata-se da região central. A temperatura foi medida com a utilização de um termômetro digital a laser (Ilustração 7B);

(c) Substrato próximo ao ninho, trata-se do substrato próximo ao monte (cerca de 10 cm de distância), por meio de um termômetro digital laser (Ilustração 7C).



Ilustração 7 - Medidas das temperaturas de colônias de *Solenopsis saevissima* no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, em 2015. A: Interior do monte, B: Superfície do monte, C: Substrato próximo ao monte.

As dimensões dos ninhos foram mensurados através da caracterização morfométrica do monte externo (medida do maior comprimento, maior largura e altura), obtidas com a utilização de uma trena, como proposto por Zeringóta *et al.* (2014).

Cada ninho teve suas informações georreferenciadas, três indivíduos foram coletados e fixados em álcool a 70% e armazenados em eppendorfs, que posteriormente foram depositados na coleção do Laboratório de Ecologia Comportamental e Bioacustica (LABEC) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Os locais de nidificação utilizados pelas formigas foram classificados em três categorias, como proposto por Zeringóta *et al.* (2014): (a) Substrato artificial: ninhos em associação com construções humanas, meio fio, calçada, cimento e asfalto; (b) Substrato natural: ninhos em associação com vegetação rasteira e/ou de grande porte e em galhos de árvores cortadas e (c) Substrato artificial/natural: meio fio em contato com grama, placas de pedra/concreto com grama (Ilustração 8).



Ilustração 8 - Substratos utilizados para a nidificação de *Solenopsis saevissima* no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, em 2015. A: Artificial, B: Natural, C: Artificial-Natural.

Em outro grupo de ninhos, foi conduzido um experimento paralelo para observar a movimentação das formigas ao longo do dia no interior do murundum. As colônias eram perturbadas com um objeto de madeira, de hora em hora, de sete às 20h e os locais onde a prole se encontrava eram anotados.

4.2.1. Análise dos dados

Para verificar a normalidade dos dados, foi realizado o teste de Kolmogorov-Smirnov. As temperaturas de cada região da colônia foram comparadas pelo teste estatístico de Mann-Whitney. O teste t foi realizado para verificar se as temperaturas médias das três regiões diferiam nos dois períodos amostrados. Para avaliar a relação entre os substratos escolhidos para a nidificação e a temperatura, foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman. A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para comparar os dados morfométricos do monte externo. Todos os testes estatísticos foram realizados por meio do *software freeware* BioEstat versão 5.3 (Ayres *et al.*, 2015).

4.3. RESULTADOS

A temperatura da superfície do monte foi a que mais variou ao longo do período de amostragem, encontrando para os meses de janeiro e julho, $\cong 17^{\circ}\text{C}$ e $\cong 21^{\circ}\text{C}$, respectivamente. A temperatura do interior do monte, em janeiro, variou aproximadamente $\cong 14^{\circ}\text{C}$, e em julho, $\cong 11^{\circ}\text{C}$. A temperatura próxima ao substrato, em janeiro e julho, variou 12°C e 16°C ao longo do dia, respectivamente. No período seco, a temperatura média da superfície do ninho atingiu o valor máximo ($\cong 35^{\circ}\text{C}$) por volta de 12h; no período chuvoso, a maior temperatura média registrada foi de 38°C às 14h. Tanto no período chuvoso quanto no período seco, a temperatura média da região interna do monte, ao final do dia, foi maior do que a temperatura da superfície e do substrato próximo (Ilustração 9).

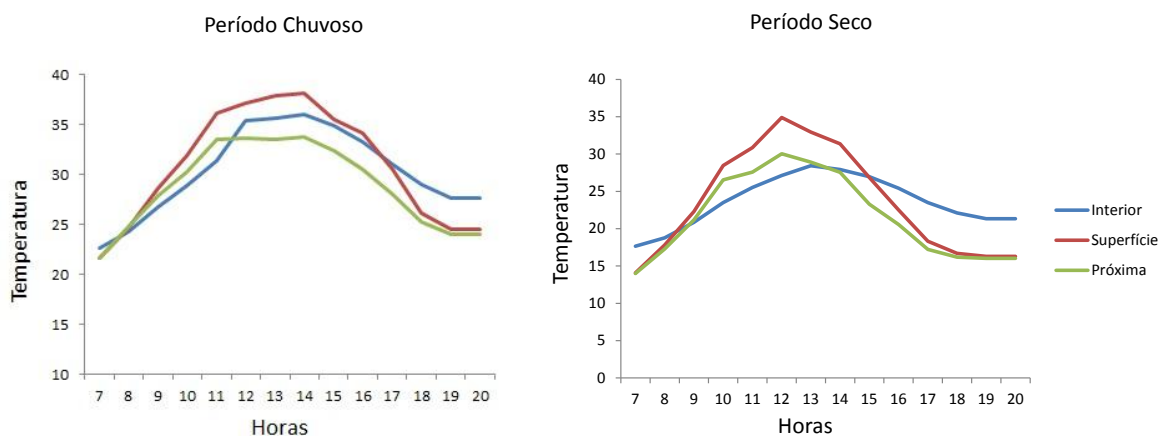


Ilustração 9 - Valores de Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) encontrados na Região Interna do monte, Região de Superfície e Substrato Próximo as colônias de *Solenopsis saevissima* no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, em 2015.

No período chuvoso e seco, foi observada uma correlação positiva entre a temperatura do interior do ninho com a da superfície, entre a temperatura próxima ao ninho e da superfície e entre a temperatura interna e a do substrato próximo. Em todos os casos analisados, a correlação foi positiva, e foi observada uma tendência a aumentar uma temperatura a medida que a outra também aumentava (Ilustração 10).

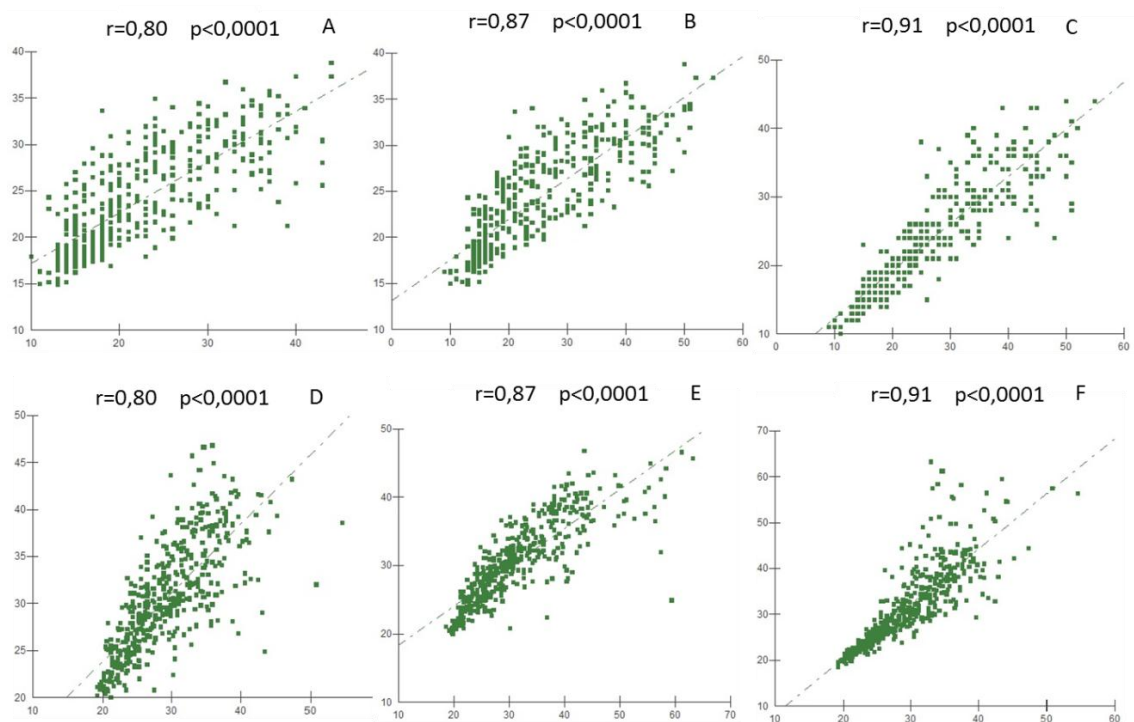


Ilustração 10 - *Coefficiente de Spearman* entre as temperaturas registradas nos montes de *Solenopsis saevissima* no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, em 2015. As letras A, B e C correspondem ao período chuvoso. As letras D, E e F correspondem ao período seco. A e D: Temperatura Interna com Temperatura do Substrato próximo, B e E: Temperatura Interna com Temperatura de Superfície, C e F: Temperatura de Superfície com Temperatura do Substrato próximo ao monte.

Em manhãs frias, com temperaturas de aproximadamente 17°C, as formigas lava-pés estavam numa região mais abaixo no interior do monte; à medida que o sol ia esquentando a superfície da colônia, as formigas se moviam para uma área mais próxima a superfície do murundum. No final da tarde, em que as temperaturas já estavam mais baixas e semelhantes ao início da manhã, as lava pés novamente migravam para a região mais abaixo dentro do monte. Já em manhãs com temperaturas mais altas ($\cong 19^\circ\text{C}$), era possível nas primeiras horas do dia encontrar as lava pés numa região logo abaixo da superfície do monte, porém, quando a temperatura se elevava muito ($\cong 35^\circ\text{C}$), as lava pés migravam para baixo, buscando um melhor conforto térmico.

As análises da temperatura apontaram que no período chuvoso, quando comparamos a temperatura interna com a temperatura do substrato próximo ao ninho, ocorreu uma diferença significativa ($U= 94329,5$, $p= 0,0002$), ou seja, mesmo apresentando valores próximos, elas foram diferentes e variaram de forma diferente ao

longo do dia. O mesmo aconteceu quando comparamos a temperatura da superfície do ninho com a temperatura próxima encontrada no substrato ($U=97446$, $p= 0,0035$), entretanto não ocorreu diferença significativa entre as temperaturas aferidas na região interna com as registradas na parte superior do ninho ($U=108,230$, $p= 0,7566$).

No período seco, as análises dos dados demonstraram que as temperaturas das três regiões aferidas diferiram estatisticamente, encontrando os seguintes valores: (a) comparação da temperatura interna com a região superior do ninho ($U=93954$, $p= 0,0002$), (b) comparação da temperatura próxima ao ninho com a temperatura interna ($U= 83255,5$, $p< 0,0001$), (c) comparação da temperatura da superfície com a do substrato próximo ao ninho ($U=101151$, $p= 0,0432$).

A média geral de todas as temperaturas registradas nos dois períodos apresentou diferença significativa ($p<0,0025$). No período chuvoso encontramos as maiores médias registradas para a região interna do ninho, região de superfície e para o substrato próximo. A maior temperatura aferida foi na superfície da colônia durante o período chuvoso, e a menor foi na superfície da colônia, no período seco (Ilustração 11).

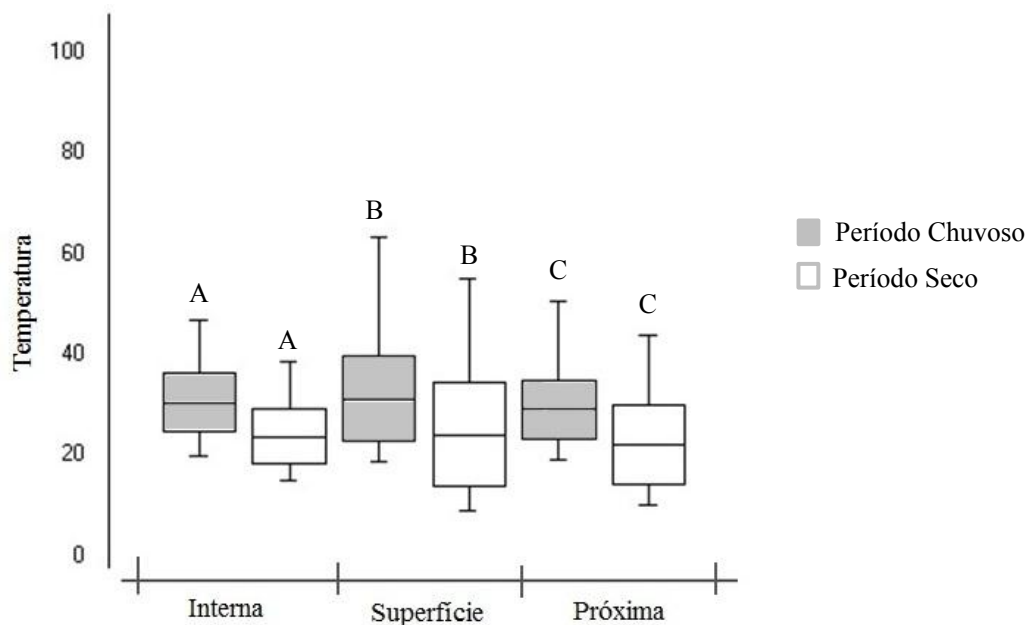


Ilustração 11 - Média, desvio padrão e amplitude das temperaturas registradas na estação chuvosa e seca em colônias de *Solenopsis saevissima* no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, em 2015. As letras A, B, C, D, E, F demonstram que ocorreu diferença estatística entre as médias.

Em relação aos dados morfométricos do monte externo, o comprimento médio das colônias no período seco foi maior que no período chuvoso, diferindo estatisticamente ($p=0,02$). A largura e a altura média não apresentaram diferença entre os períodos estudados ($p=0,31$ e $p=0,96$, respectivamente) (Tabela 2).

Tabela 2 - Média, desvio padrão e amplitude do comprimento, largura e altura (cm) dos montes de *Solenopsis saevissima* encontrados no período chuvoso e seco no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, em 2015.

	Período Chuvoso	Período Seco
Comprimento	64,83±36,09(22-202)	84,42±45,78(23-209)
Largura	37,36±17,21(2-94)	39,83±18,25(4-74)
Altura	13,92±10,17(1-52)	12,56±11,82(1-55)

Ao ser considerado os tipos de substratos utilizados para a nidificação, nas duas estações, a temperatura da superfície da colônia foi a que mais variou ao longo do dia, nos três tipos de substratos. O substrato artificial/natural foi o que mais se aproximou do padrão exibido na estação seca, com um aumento rápido da temperatura da superfície, atingindo seu valo máximo (37°C) por volta das 12h (Ilustração 12).

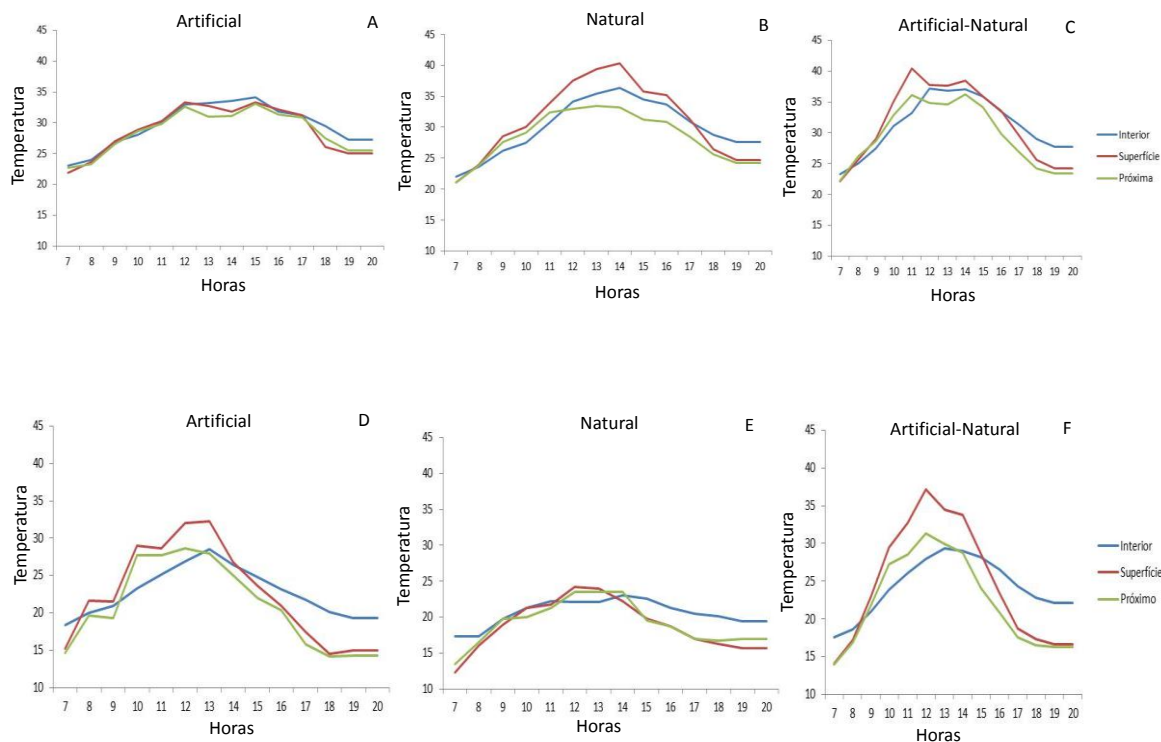


Ilustração 12 - Valores de Temperatura (°C) encontrados na região interna do monte, região de superfície e substrato próximo nos ninhos de *Solenopsis saevissima* nos substratos artificial, natural e artificial-natural, no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora, em 2015. As letras A, B, C correspondem ao período chuvoso. As letras D, E, F correspondem ao período seco.

No período chuvoso, comparando as temperaturas da região interna do monte, região de superfície e substrato próximo com os tipos de substratos utilizados para a nidificação (Artificial, Natural e Artificial/Natural), em todas as análises foi observada uma correlação entre as temperaturas, independente do substrato utilizado. No período seco, foi observado o mesmo padrão da época chuvosa, com destaque para substrato artificial-natural, em que as temperaturas de superfície e do substrato próximo apresentaram uma correlação forte, em que 100% dos dados se correlacionaram (Tabela 3).

Tabela 3 - *Coefficiente de Spearman* entre as temperaturas aferidas e os tipos de substratos: Artificial, Natural e Artificial-Natural (Art-Nat) utilizados na nidificação de *Solenopsis saevissima* no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora, no período chuvoso, em 2015.

Temperatura	Período Chuvoso			Período Seco		
	Artificial	Natural	Art-Nat	Artificial	Natural	Art-Nat
Superfície X Substrato Próximo	r=0,91 p<0,0001	r=0,92 p<0,0001	r=0,92 p<0,0001	r=0,96 p<0,0001	r=0,96 p<0,0001	r=1 p<0,0001
Interna X Substrato Próximo	r=0,85 P<0,0001	r=0,92 p<0,0001	r=0,078 p<0,0001	r=0,92 p<0,0001	r=0,92 p<0,0001	r=0,79 p<0,0001
Interna X Superfície	r=0,89 p<0,0001	r=0,88 p<0,0001	r=0,85 p<0,0001	r=0,91 p<0,0001	r=0,91 p<0,0001	r=0,79 p<0,0001

4.4. DISCUSSÃO

As temperaturas registradas variaram de forma diferente ao longo do dia e nas três áreas amostradas. Em ambos os períodos, a temperatura da superfície do ninho se aqueceu mais rápido que a temperatura do interior e do substrato próximo. Esse aquecimento mais rápido do monte ocorre devido ao seu baixo calor específico, o que leva o monte a absorver calor mais rápido tanto na luz solar direta quanto em condições de sombra (Grenn *et al.*, 1999; Penick e Tschinkel, 2008).

A cobertura vegetal é importante para regular a temperatura do solo, principalmente na época chuvosa, registro das maiores temperaturas no local de estudo, pois intercepta a radiação solar, impedindo que atinja o solo com maior intensidade. Segundo Alvalá *et al.* (2002), durante o dia, a superfície do solo se aquece devido a um fluxo de calor para seu interior, à noite, esse fluxo de calor se inverte, levando a um resfriamento da superfície do solo.

Os ninhos de lava-pés são projetados para otimizar a sua capacidade de termorregulação, pois, ao permitir que ocorra uma variação de temperatura ao longo dos estratos do monte, favorece o desenvolvimento dos diferentes estágios de vida (Hölldobler e Wilson, 1990; Porter e Tschinkel, 1993; Vogt *et al.*, 2008, Asano e Cassil, 2012). Penick e Tschinkel (2008) estudando a movimentação das formigas de fogo no interior do murundum, viram que a movimentação da prole é influenciada pela temperatura exterior e como ela se reflete nas diferentes profundidades do monte. Outros fatores como umidade relativa do ar e humidade do solo, também podem influenciar na posição da prole dentro do monte (Potts *et al.*, 1984). Outros insetos, como os cupins subterrâneos, procuram locais com temperaturas favoráveis para o seu

desenvolvimento, podendo assim residir em porções dos montes da formiga de fogo (Shelton *et al.*, 1999).

O tamanho médio das colônias maior no período seco que no período chuvoso contraria os resultados encontrados por Zeringóta *et al.* (2014) que, comparando o tamanho das colônias nos dois períodos, registraram um tamanho médio maior na época chuvosa. Esta diferença pode estar relacionada ao ano atípico de 2015, que apresentou altas temperaturas e baixa pluviosidade na estação chuvosa, sendo o mês de janeiro bem seco e com chuvas irregulares, o que é incomum para essa época. A estação chuvosa de 2014 também foi atípica, com baixos índices de precipitação, inclusive menores que na estação chuvosa de 2015, 130,5 mm de chuva e 140,4 mm de chuva, respectivamente (Laboratório de climatologia e Análise ambiental, 2015).

Nos Estados Unidos, estudos com *Solenopsis invicta* apontaram que em períodos com baixas temperaturas, os montes da formiga de fogo são maiores, possivelmente para aumentar a superfície de absorção de calor, que é indispensável para a realização das atividades dentro da colônia (Asano e Cassil, 2002; Penick e Tschinkel, 2008).

Este estudo representa um avanço para compreender como as temperaturas das diferentes regiões do monte das formigas *Solenopsis saevissima* variaram ao longo do dia, haja vista que trabalhos anteriores como Porter e Tschinkel (1993) e Asano e Cassil (2002) registram apenas a temperatura do ambiente onde essas colônias se encontravam.

Os dados aqui obtidos revelaram que as temperaturas do interior do monte, superfície e substrato próximo, oscilaram de maneira diferente ao longo das amostragens, bem como o tamanho dos ninhos, que foram diferentes para cada período. É esperado que, através da movimentação no interior do monte, as lava pés selecionem os locais mais adequados para o seu crescimento, confirmando assim sua capacidade de termorregulação.

Considerando o potencial de pragas urbanas das lava pés, este estudo poderá nortear trabalhos de monitoramento e controle dessas formigas. Ao apontar que as *Solenopsis saevissima* estão mais ativas na superfície do murundum em determinados períodos do dia, como do meio da manhã até meados do período da tarde, trabalhos de monitoramento deverão ser direcionados para esses horários, garantindo assim que todas as colônias ativas sejam encontradas. Da mesma forma, podemos inferir para o controle, e otimizar o uso da técnica empregada, evitando o desperdício do produto, além de direcionar a mão de obra utilizada. Essas formas de manejo, quando executadas de forma eficaz, ajudam a diminuir os acidentes com lava pés, principalmente na área

urbana, onde essas formigas colonizaram de forma eficiente e tem causado grandes prejuízos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo aumentou consideravelmente o conhecimento sobre o comportamento da formiga *Solenopsis saevissima* no ambiente urbano, haja vista que poucos estudos abordam o seu comportamento nesse ambiente, mesmo sendo uma espécie considerada praga urbana de relevância médica e econômica. As colônias permaneceram ativas no ambiente urbano durante todo o período de estudo, o que demonstra a facilidade que essas formigas tem em se dispersarem pelo ambiente, mesmo que as condições climáticas não estejam favoráveis. Este estudo também contribuiu com informações relevantes acerca de qual o melhor período do dia para realizar o monitoramento e controle de lava-pés, e assim diminuir os gastos e os riscos com a mão de obra empregada e o produto utilizado. Além disso, ao apontar quais os locais com a maior quantidade de colônias ativas no campus, nosso trabalho servirá de alerta para a população e conseqüentemente irá diminuir os acidentes com as pessoas que frequentam o *campus* todos os dias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, E. Z.; Diehl-Fleig, E.; Diehl, E. Density and distribution of nests of *Mycetophylax simplex* (Emery) (Hymenoptera, Formicidae) in areas with mobile dunes on the northern coast of Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, p. 123-126, 2005.
- Allen, C. R.; Forays, E. A.; Rice, K. G.; Wojcik, D.P. Effects of fire ant (Hymenoptera: Formicidae) on hatching turtles and prevalence of fire ants on sea turtles nesting beaches in Florida. **Florida Entomologist**, v. 84, n. 2, p. 250-254, 2001.
- Almeida, F.S., Queiroz, J.M.; Mayhé-Nunes, A.J. Distribuição e abundância de ninhos de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) em um agroecossistema diversificado sob manejo orgânico. **Floresta e Ambiente**. v. 14, n.1, p. 33-43, 2007.
- Alonso, L. E.; Agosti, D. Biodiversity studies, monitoring and ants: an overview. Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity. **Smithsonian Institution Press**, Washington D. C., USA. p. 304, 2000.
- Alvalá, R. C. S.; Gielow; R., Da Rocha, H. R.; Freitas; H. C.; Lopes, J. M.; Manzi, A. O.; Von Randow, C.; Dias, M.A. F. S.; Cabral, O. M. R.; Waterloo; M. J. Intradurnal and seasonal variability of soil temperature, heat flux, soil moisture content, and thermal properties under forest and pasture in Rondônia. **Journal of Geophysical Research-Atmospheres**, v. 107, p. 101-102, 2002.
- Asano, E.; Cassil, D. L. Modeling temperature-mediated fluctuation in colony size in the fire ant, *Solenopsis invicta*. **Journal of Theoretical Biology**, v. 305, p. 70-77, 2012.
- Ayres, M.; Ayres Júnior, M.; Ayres, D. L; Santos dos, A. S. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. **Instituto Mamirauá**, Belém, 2015.
- Bolton, B.; Alpert, G.; Ward, P.S.; Naskrecki, P. **Bolton's catalogue of ants of the world: 1758-2005**. Cambridge: Harvard University Press (CD-ROM), 2006.
- Brandão, Carlos Roberto Ferreira. Formicidae. In: BRANDÃO, Carlos Roberto Ferreira; Canello, Eliana Marques (Orgs). **Invertebrados terrestres**. São Paulo: FAPESP, 1999. p. 213-223.
- BRASIL. Imprensa Nacional. **Diário Oficial da União – Seção 1**. 156 ed. p. 57. ago. 1993. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/imprensa/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=57&data=17/08/1993>>. Acesso em: 22 jan. 2016.
- Bueno, O. C.; Campos-Farinha, A. E. C. As formigas domésticas. In MARICONI, F. A. M. (eds) **Insetos e outros invasores de residências**, Piracicaba, FEALQ, 1999. p. 135-180.
- Bueno, O.C.; Bueno, F.C.B. Controle de formigas em áreas urbanas. In: PINTO, Alexandre de Sene; ROSSI, Marta Maria; SALMERON, Eloisa (Orgs.). **Manejo de pragas urbanas**. Piracicaba: CP2, 2007. p. 68-77.

Calabi, P.; Porter, S.D. Worker longevity in the fire ant *Solenopsis invicta*: ergonomic considerations of correlations between temperature, size and metabolic rates. **J. Insect Physiol.**, v. 35, n. 8, p. 643-649, 1989.

Calcaterra, L.A., Livore, J.P., Delgado, A., Briano, J.A.,. Ecological dominance of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*, in its native range. **Oecologia** , v. 156, p. 411–421, 2008.

Campos-Farinha, A.E.C.; Justi Junior, J.; Bergmann, E.C.; Zorzenon, F.J.; Rodrigues, N. S.M. Formigas urbanas. **Bol. Técn. Inst. Biol**, São Paulo, n. 1, p. 1-21, 1995.

Campos-Farinha, A.E.C.; Justi JR, J.; Bergman, E.C.; Zorzenon, F.J.; Netto, S.M.R. Formigas urbanas. **Boletim Técnico do Instituto Biológico**, São Paulo, n. 08, p. 20, 1997.

Campos-Farinha, A. E. C.; Bueno, O. C.; Campos, M. C. G.; Kato, L. M. As formigas urbanas no Brasil: Retrospecto. **Biológico**, v. 64, n. 2, p. 129-133, 2002.

Cassil, D.; Tschinkel, W.R.; Vinson, S.B. Nest complexity, group size and brood rearing in the fire ant, *Solenopsis invicta*. **Insectes Sociaux**, v. 79, p. 158-163, 2002.

Costa, S.B.D., Pelli, A., Carvalho, G.P., Oliveira, A.G., Silva P.R., Teixeira, M.M., Martins, E., Terra, A.P.S., Resende, E.M., Oliveira, C.C.H.B., Morais, C. As Formigas como vetores mecânicos de microorganismos no Hospital Escola da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. **Rev Socied. Bras. Med. Trop**, v. 39, n. 6, p. 527-529, 2006.

Cumberland, M.S.; Kirkman, L.K. The effects of disturbance on the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*) and the native ant community. **Forest Ecology and Management**. v. 279, p. 27-33, 2012.

Davis, L. R., JR.; Vander Meer, R. K.; Porter, S.D. Red imported fire ants expand their range across the West Indies. **Florida Entomologist**. v. 84. p. 735-736, 2001.

Dejean, A.; Céréghino, R.; Leponce, M.; Rossi, V.; Roux, O.; Compin, A.; Delabie, J.H.C.; Corbara, B. The fire ant *Solenopsis saevissima* and habitat disturbance alter ant communities. **Biological Conservation**, v. 187, p. 145–153, 2015

Delabie, J.H.C., Céréghino, R., Groc, S., Dejean, A., Gibernau, M., Corbara, B.; Dejean, A. Ants as biological indicators of Wayana Amerindians land use in French Guiana. **Comptes Rendus Biologies**, v. 332, p. 673–684, 2009.

Delabie, J.H.C.; Fontana, R.; Wetler, R.M.C.; Aquino, R.S.S.; Andrioli, J.L.; Queiroz, G.R.G.; Ferreira, S.L.; Nascimento, I.C. Disseminação de bactérias patogênicas por formigas (Hymenoptera: Formicidae) em dois hospitais do nordeste do Brasil. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 4, p. 655-663, 2010.

Della Lucia, M.T.C. Hormigas de importancia económica em la región Neotropical. In: Fernandez, F. **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá, **Acta Noturna**, cap. 24, p. 337-349, 2003.

Deshazo, R. D.; Williamns, D. F.; Moak, E. S. Fire ant attacks on residents in health care facilities: a report of two cases. **Annals of Internal Medicine**, v. 131, n. 6, p. 424-429, 1999.

Diehl, E.; Junqueira, L. K.; Berti-Filho, E. Ant and termite mound coinhabitans in the wetlands of Santo Antônio da Patrulha, Rio grande do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, n. 3, p. 431-437, 2005.

Dress, B.M.; Barr, C.L.; Vinson, S.B.; Gold, R.E.; Merchant, M.E.; Riggs, N.; Lennon, L.; Russel, S.; Nester, P. Managing imported fire ants in urban areas. **College of Agricultural and Enviromental Sciences**, University of Georgia, 2012.

Eubanks, M.D. Estimates of the direct and indirect effects of red imported fire ants on biological control in field crops. **Biological Control**, v. 21, p. 35-43, 2001.

Folgarait, P.J.; Bruzzone, O.A.; Gilbert, L.E. Seasonal patterns of activity among species of black fire ant parasitoid flies (*Pseudacteon*: Phoridae) in Argentina explained by analysis of climatic variables. **Biological Control**, v. 28, p. 368-378, 2003.

Fox, E.G.P. **Biologia, morfologia, e bioquímica de veneno da formiga lava-pés *Solenopsis saevissima* Smith Insecta: Hymenoptera: Formicidae**. Tese de Doutorado - Instituto de Biociências, Rio Claro, São Paulo, 2010.

Fowler, H.G.; Bueno, O.C. O avanço das formigas urbanas. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 73-80, 1998.

FUNASA. Manual de Diagnóstico e Tratamento de Acidentes por Animais Peçonhentos. **Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde**, 2º Ed, Brasília, p. 112, 2001.

Graham, L.C.F.; Porter, S.D.; Pereira, R.M.; Dorough, H.D.; Kelley, A.T. Field releases of the decapitating fly *Pseudacteon curvatus* (Diptera: Phoridae) for control of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in Alabama, Florida, and Tennessee. **Florida Entomologist**, v. 86, n. 3, p. 334-339, 2003.

Green, W.P.; Pettry, D.E.; Switzer, R.E. Impact of imported fire ants on Mississippi soils. **Technical Bulletin Mississippi Agriculture And Forestry Experiment Station**, 1999.

Gullan, P.J.; Cranston, P.S. Sistemas Sensoriais e Comportamento, p.76-97. In: Gullan, P.J.; Cranston, P.S (Orgs). **Os Insetos: Um Resumo de Entomologia**. Roca, 2007. p.76-97.

Gusmão, F.A. **Bioecologia de formigas lava-pés do grupo de espécies *solenopsis saevissima* (hymenoptera: formicidae)**. Dissertação de Mestrado-Secretaria de Agricultura e Abastecimento Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Instituto Biológico, São Paulo, 2010.

Haddad Junior, V. Identificação de enfermidades agudas causadas por animais e plantas em ambientes rurais e litorâneos: auxílio à prática dermatológica. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, Rio de Janeiro, v. 84, p. 343-348, 2009.

Hölldobler, B.; Wilson, E.O. The ants. **Cambridge, Harvard University Press**, p. 732, 1990.

INMET. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 17 out. 2016.

Korzukhin, M.D.; Porter, S.D.; Thompson, L.C.; Wiley, S. Modeling temperature-dependent range limits for the fire ant *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) in the United States. **Physiological and Chemical Ecology**, v. 30, n. 4, p. 645- 655, 2001.

Laboratório de limatologia e Análise ambiental. Janeiro de 2015 é o mais quente da história de Juiz de Fora. Disponível em: <http://www.ufjf.br/labcaa/2015/02/11/janeiro-de-2015-e-o-mais-quente-da-historia-de-juiz-de-fora/>. Acesso em: 17 out. 2016.

Lenoir, A.; Devers, S.; Touchard, A.; Dejean, A. The Guianese population of the fire ant *Solenopsis saevissima* is unicolonial. **Insect science**, p. 1-7, 2015.

Lofgren, C. S.; Banks, W. A.; Glancey, B. M. Biology and control of imported fire ants. **Annual Review of Entomology**, v. 20, p. 1-30, 1975.

Lunz, A.M.; Harada, A.Y.; Aguiar, T.S.; Cardoso, A.S. Danos de *Solenopsis saevissima* Smith (Hymenoptera: Formicidae) em Paricá, *Schizolobium amazonicum*. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 2, p. 285-288, 2009.

Macom, T. E.; Porter, S. D. Comparison of polygyne and monogyne red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) population densities. **Ecology and Population Biology**, v. 89, n. 4, p. 535-543, 1996.

Malaspina, O. Veneno de formigas: alergia e saúde pública. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Entomologia**. Gramado, RS. CD-ROM. 2004.

Martin, J.M.; Roux, O.; Groc, S.; Dejean, A. A type of unicoloniality within the native range of the fire ant *Solenopsis saevissima*. **Comptes Rendus Biologes**, v. 334, p. 307-310, 2011.

McKinney, M.L. Urbanization, biodiversity, and conservation. **BioScience**, v. 52, p. 883 - 890, 2002.

Moreira, D.D.O., Morais, V., Vieira-Da-Mota, O.; Campos-Farinha, A.E.C.; Tonhasca Junior, A. Ants as carriers of antibiotic-resistant bacteria in hospitals. **Neotrop. Entomol.**, v. 34, n. 6, p. 999-1006, 2005.

Morrison, L.W.; Kawazoe, E.A.; Guerra, R.; Lawrence, E.G. Ecological interaction of *Pseudacteon* parasitoids and *Solenopsis* ant hosts: environmental correlates of activity and effects on competitive hierarchies. **Ecological Entomology**, v. 25, p. 433-444, 2000.

- Morrison, L.W.; Porter, S.D.; Daniels, E.; Korzukhin, M.D. Potential global range expansion of the invasive fire ant, *Solenopsis invicta*. **Biological Invasions**, v. 6, p. 183–191, 2004.
- Morrison, L.W.; Porter, S.D. Phenology and parasitism rates in introduced populations of *Pseudacteon tricuspis*, a parasitoid of *Solenopsis invicta*. **BioControl**, v. 50, p. 127–141, 2005.
- Oliveira, M.F de.; Campos-Farinha, A.E.C. Formigas urbanas no município de Maringá, PR, e suas implicações. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 72, n. 1, p. 33-39, 2005.
- Penick, C. A.; Tschinkel, W. R. Thermoregulatory brood transport in the fire ant, *Solenopsis invicta*. **Insectes Sociaux**, v. 55, n. 2, p. 176-182, 2008.
- Pereira, R.S; Ueno, M. Formigas como veiculadoras de microorganismos em ambiente hospitalar. **Revista da Sociedade de Medicina Tropical**, Uberaba, v. 41, n. 5, p. 492-495, 2008.
- Pinto, A.S.; Rossi, M.M.; Salemron, E. O meio urbano e as pragas urbanas. In: PINTO, A.S (Orgs.). **Manejo de Pragas Urbanas**. Piracicaba, 2007, p. 11–16.
- Pitts, J.P. A Cladistic Analyses of the *Solenopsis saevissima* Species-group. **Ph.D. dissertation**, 2002.
- Pitts, J. P.; Mchugh, J. V.; Ross, K. G. Cladistic analysis of the fire ants of the *Solenopsis saevissima* species-group (Hymenoptera: Formicidae). **Zoologica Scripta**, v. 34, n. 5, p. 493-505, 2005.
- Porter, S.D.; Tschinkel, W.R. Fire ant polymorphism: the ergonomics of brood production. **Behav. Ecol. Sociobiology**, v. 16, p. 323–336, 1985.
- Porter S.D. Impact of temperature on colony growth and developmental rates of the ant, *Solenopsis invicta*. **J. Insect Physiol**, v. 34, p. 1127–1133, 1988.
- Porter, S.D.; Tschinkel, W.R. Fire ant thermal preferences: behavioral control of growth and metabolism. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 32, p. 321-329, 1993.
- Porter, S.D. Biology and behavior of *Pseudacteon* decapitating flies (Diptera: Phoridae) that parasitize *Solenopsis* fire ants (Hymenoptera: Formicinae). **Florida Entomologist**, v. 81, n. 3, p. 292-309, 1998.
- Porter, S.D.; Nogueira De Sá, L.A.; Morrison, L.W. Establishment and dispersal of the fire ant decapitating fly *Pseudacteon tricuspis* in North Florida. **Biological Control**, v.29, p. 179-188, 2004.
- Potts, L.R.; Francke O.F.; Cokendolpher, J.C. Humidity preferences of four species of fire ants (Hymenoptera: Formicidae: *Solenopsis*). **Insectes Sociaux**, v. 31, p. 335–340, 1984.

Ramirez, R.A.; Thompson, D.C.; Remmenga, M.D. Influence of low humidity, *Pseudacteon* flies (Diptera: Phoridae), and competition by *Solenopsis xyloni* on *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). **Environmental Entomology**, v. 35, n. 4, p. 1037-1048, 2006.

Ricklefs, R.E. A economia da natureza. **Guanabara Koogan**, ed 5°. Rio de Janeiro, 2003, p. 523.

Rosumek, F. B.; Ulysséa, M. A.; Lopes, B. C.; Steiner, J.; Zillikens, A. Formigas de solo e de bromélias em uma área de Mata Atlântica, Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil: Levantamento de espécies e novos registros. **Biotemas**, v. 21, n. 4, p. 81-89, 2008.

Sanders, N. J.; Moss, J.; Wagner, D. Patterns of ant species richness along elevational gradients in an arid ecosystem. **Global Ecology & Biogeography**, v. 12, p. 93-102, 2003.

Sá-Júnior, A.; Carvalho, L.G.; Silva, F.F.; Alves, M.C. Application of the Köppen classification for climatic zoninh in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, n. 108, p. 1-7, 2012.

Schüller, Lucia. **Manual descomplicado doméstico de controle de pragas urbanas**. São Paulo, Ed. All Print Editora, 2008. p. 199.

Shelton, T.G.; Vogt, J.T.; Appel, A.G. Observations of *Reticulotermes* spp. In *Solenopsis invicta* mounds (Isoptera: Rhinotermitidae, Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v. 33, p. 265–275, 1999.

Shoemaker, D.D.; Ahrens, M.E.; Ross, K.G. Molecular phylogeny of ants of the *Solenopsis saevissima* species-group based on mtDNA sequences. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 38, p. 200–215, 2006.

Silveira, N.S.; Nakano, O.; Barbin, D.; Nova, V.A.N. Fatores ecológicos. In: Silveira, N.S, (ed). **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba, São Paulo, Ano 75° da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1976. p. 48-76.

Soares, S. M.; Schoederer, J. H. Ant-nest distribution in a remnant of tropical rainforest in southeastern Brazil. **Insectes Sociaux**, v. 48, p. 280-286, 2001.

Souza, J.D.; Della Lucia, T.M.C.; Lacerda, F.G. Fundação pleométrica em *Solenopsis saevissima* (hymenoptera: formicidae) em laboratório. *Acta Biologica Leopoldensia*, v. 26, n. 2, p. 259-270, 2004.

Taber, S.W. Fire Ants. **Texas A&M University Press**: College Station, 2000.

Townsend, C.; Begon, M.; Harper, J.L. Natlidade, mortalidade e movimento. In: Townsend, C (Org.). **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: Ed: Artmed, 2010, p. 576.

- Trager, J.C. A revision of the fire ants, *Solenopsis geminate* group (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). **Entomol. Soc.**, v. 99, p. 141–198, 1991.
- Tschinkel, W.R. **The Fire Ants**. Harvard University Press, Cambridge, ed. The Belknap Press, p.752, 2006.
- Uno, S.; Cotton, J.; Philpott, S.M. Diversity, abundance, and species composition of ants in urban green spaces. **Urban Ecosystem**, v. 13, p. 425–441, 2010.
- Vogt, J.T.; Grantham, R.A.; Smith, W.A.; Arnold, D.C. Prey of the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) in Oklahoma peanuts. **Biological Control**, v. 30, n. 1, p. 123-128, 2001.
- Vogt, J.T. Quantifying imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) mounds with airborne digital imagery. **Environmental Entomology**, v. 33, n. 4, p. 1045-1051, 2004.
- Vogt, J.T.; Wallet, B.; Coy, S. Dynamic thermal structure of imported fire ant mounds. **Journal of Insect Science**, v. 8, n. 31, 2008.
- Vinson, S.B. Imported Fire Ants, Life History and Impact. **Texas Department of Agriculture**, p. 28, 1986.
- Vinson, S. B.; Greenberg, L. The biology, physiology and ecology if imported fire ants. In: Vinson, S. B. (ed.). **Economic Impact and Control of Social Insects**. Praeger Publishers. N. Y. p. 193-222, 1994.
- Xu, J.Y; Zeng, L; Lu, Y.Y; Liang, G.W. Effect of soil humidity on the survival of *Solenopsis invicta* Buren workers. **Insect.Soc**, v. 56, p. 367–373, 2009.
- Ward, Phillip. Ants. **Current Biology**, v. 16, p. 152-155, 2006.
- Ward, P. Taxonomy, phylogenetics, and evolution. In: LACH, Lori; PARR, Catherine Lee; Abbott, Kirsty Lukas. **Ant Ecology**. Oxford: Oxford University Press, 2010. p. 3-17.
- Williams, D.F., Lofgren, C.S.; Lemire, A. A simple diet for rearing laboratory colonies of the red imported fire ant. **J. Econ. Entomol.**, v. 73, p. 176-177, 1980.
- Wilson, E. O. The insect societies. **Cambridge: The Belknap Press Harvard University**, p. 548, 1971.
- Wilson, E.O. Sociobiology: the new synthesis. Cambridge, **Cambridge Harvard University**, p. 697, 1975.
- Wilson, E. O. Causes of ecological suces: the case of the ants. **Journal of Animal Ecology**, London, v. 56, p. 1-9, 1987.
- Yang, C.; Shoemaker, D.D.; Wu, W.; Shih, C. Population genetic structure of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*, in Taiwan. **Insectes Sociaux**, v. 55, p. 54-65, 2008.

Zeringóta, V. R.; Castro, M. M.; Della Lucia, T. M.C.; Prezoto, F. Nesting of the fire ant *Solenopsis saevissima* (Hymenoptera: Formicidae) in an urban enviroment. **Florida Entomologist**, v. 97, n. 2, p. 668-673, 2014.