



**CAROLINE SILVA DE ABREU**

**FORRAGEAMENTO DIÁRIO E SAZONAL DE  
*Atta sexdens* LINNAEUS, 1758 (HYMENOPTERA:  
FORMICIDAE) EM EUCALIPTAIS NOS  
BIOMAS BRASILEIROS**

**LAVRAS – MG**

**2015**

**CAROLINE SILVA DE ABREU**

**FORRAGEAMENTO DIÁRIO E SAZONAL DE *Atta sexdens* LINNAEUS,  
1758 (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM EUCALIPTAIS NOS  
BIOMAS BRASILEIROS**

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

**Orientador**

Dr. Ronald Zanetti Bonetti Filho

**LAVRAS – MG**

**2015**

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

Abreu, Caroline Silva de.

FORAGEAMENTO DIÁRIO E SAZONAL DE *Atta sexdens* LINNAEUS,  
1758 (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM EUCALIPTAIS NOS BIOMAS  
BRASILEIROS / CAROLINE SILVA DE ABEU. – LAVRAS: UFLA, 2015.  
78 p.: il.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) – Universidade Federal  
de Lavras, 2015.

Orientador (a): Ronald Zanetti Bonetti Filho.

Bibliografia.

1. Formigas-cortadeiras. 2. Comportamento. 3. Ritmo de  
atividade. 4. Biomassa vegetal. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título.

**CAROLINE SILVA DE ABREU**

**FORRAGEAMENTO DIÁRIO E SAZONAL DE *Atta sexdens* LINNAEUS,  
1758 (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM EUCALIPTAIS NOS  
BIOMAS BRASILEIROS**

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

APROVADA em 24 de fevereiro de 2015.

Dr. Geraldo Andrade Carvalho      UFLA

Dr. Rodrigo Fagundes Braga      UFLA

Dr. Ronald Zanetti Bonetti Filho

**Orientador**

**LAVRAS – MG**

**2015**

*Aos meus pais, Eunice e Murilo, pelo amor e construção da nossa família.  
Aos meus irmãos queridos, Tatiane e Fabrício, pelo incentivo e compreensão.  
Ao João Paulo, pelo amor, paciência e cumplicidade.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por sempre estar ao meu lado, guiando e iluminando (nas noites escuras) meu caminho e minhas conquistas.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Entomologia (DEN) pela oportunidade concedida para realização do Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Dr. Ronald Zanetti pela valiosa orientação durante o mestrado, pela confiança e por todo o conhecimento transmitido.

Aos professores do Departamento de Entomologia pelos ensinamentos e contribuição a minha formação.

Aos demais funcionários do DEN/UFLA pelo imenso carinho e cordialidade.

Aos colegas de mestrado, pela companhia, amizade e auxílio durante os dois anos de curso.

Aos colegas do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas Florestais, Alexandre Arnhold, Elisângela Silva, Juara Rodrigues, Thaiany Alvarenga e Stephannie Prado, pelas contribuições e amizade.

À Juliana Santos pela amizade e principalmente por não ter me deixado sozinha com as jaguatiricas.

Ao querido Willian Paiva, pela amizade e imensa colaboração nas coletas de campo e companhia nas tantas 48 horas intermináveis, assim como na redação da dissertação.

À Eliana Andrade (Léia), pela ajuda e ensinamentos sobre a criação das formigas cortadeiras.

Ao Dr. Alexandre Santos pela contribuição nas análises estatísticas.

Aos membros da Banca Examinadora pelas contribuições e melhorias na redação da dissertação.

Às empresas CENIBRA, Stora Enso, Suzano Papel e Celulose e Vallourec pela parceria e cessão das áreas de pesquisa. À Daniela Andrade, Raul, Huan Souza, Marcelo, Fábio, Everton Pires, Isnar Vaz, Bianca Fernandes e Márcio pelo apoio em campo durante as coletas.

À amiga Elizandra Couto, pela amizade, companhia e todo incentivo a minha carreira de pesquisadora.

Ao meu noivo João Paulo, pela paciência, amor, compreensão e principalmente por me acompanhar sempre que possível nos meus trabalhos e cursos.

A minha amada mãe Maria Eunice, pelas orações e palavras de pura sabedoria, e principalmente por ter me transmitido sua coragem e determinação.

Ao meu pai Murilo, por ter me mostrado desde criança sobre esta carreira e ter me incentivado a dar continuidade aos estudos.

A minha querida irmã Tatiane, pelas vigílias de oração durante as coletas de campo e que, apesar de distante, sempre esteve presente na minha formação.

Ao meu irmão Fabrício, o “Nerd” da família, que me socorreu de longe no momento de desespero com meu HD e que compreende a minha ausência.

A todas as pessoas que, de alguma forma, me auxiliaram ou incentivaram a minha carreira e a realização deste estudo.

“Formiga que quer se perder cria asas”.

Dito Popular

## RESUMO

A cultura do eucalipto é importante para o setor florestal brasileiro e as suas principais pragas-chave são as formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*. Essas formigas possuem ampla distribuição geográfica no Brasil, porém *Atta sexdens* tem maior importância econômica. O conhecimento dos padrões de forrageamento dessa formiga e de como os fatores climáticos influenciam tais padrões é relevante para o manejo adequado dessa praga. O objetivo deste estudo foi avaliar o padrão diário e sazonal de forrageamento de *Atta sexdens* em eucaliptais sob domínio dos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e da transição entre Mata Atlântica e Cerrado. As atividades diárias e sazonais de forrageamento foram avaliadas em cinco colônias por bioma durante dois ciclos de 24 horas a cada estação do ano, entre os anos de 2013 e 2014. O número de operárias que retornaram ao ninho foi monitorado por cinco minutos a cada hora, em um olheiro mais ativo. Amostras dos fragmentos vegetais transportados pelas formigas foram coletadas durante dois minutos a cada duas horas em um ciclo de 24 horas. A temperatura e a umidade relativa do ar foram registradas a cada observação. O padrão de forrageamento de *A. sexdens* foi predominantemente noturno, porém foi diurno no inverno no Pampa. O máximo de forrageamento ocorreu entre 19° a 25°C e entre 70 e 95% UR. A biomassa vegetal forrageada pelas formigas foi maior nas áreas sob influência da Mata Atlântica, apesar de a maior carga individual transportada ter sido observada nas áreas sob influência do Cerrado. O forrageamento foi diferente entre os biomas e as estações do ano. A atividade de forrageamento foi maior no verão e outono. Houve relação entre o número de formigas com carga e a área foliar dos fragmentos forrageados com o tamanho do ninho. Os ninhos não estavam ativos ao mesmo tempo, mesmo em condições favoráveis de temperatura e de umidade relativa do ar. Essas informações são importantes para melhorar as estratégias de controle com iscas formicidas, permitindo sua aplicação na época de maior atividade dos ninhos para garantir um carregamento rápido e eficiente das iscas e reduzir sua exposição a organismos não-alvo.

**Palavras-chave:** Formigas-cortadeiras. Comportamento. Ritmo de atividade. Biomassa vegetal.

## ABSTRACT

Eucalyptus plantations are important for the forest sector and its main pests are the leaf-cutting ants *Atta* and *Acromyrmex*. These ants have a wide geographic distribution in Brazil, but *Atta sexdens* has greater economic importance. The knowledge of the foraging patterns and the influence of climatic factors on these patterns is relevant to management of this ant. Then, the objective of this study was to evaluate the daily and seasonal pattern of foraging of *Atta sexdens* in eucalyptus plantations in the biomes Savannah, Atlantic Forest, Pampa and the transition between the Atlantic Forest and Savannah. Daily and seasonal foraging activities were evaluated in five colonies per biome during 48 hours each season, between 2013 and 2014. The number of workers returned to the nest was monitored for five minutes every hour. Samples of plant fragments transported by ants were collected for two minutes every two hours during a 24 hour cycle. The temperature and relative humidity were recorded at each observation. The foraging of *A. sexdens* was predominantly nocturnal, but it was daytime in winter in Pampa. The foraging maximum occurred between 19° to 25°C and between 70 and 95% RH. The plant biomass foraged was higher in areas influenced by the Atlantic Forest, although the largest fragment carried have been observed in Savannah areas. The foraging was different among biomes and seasons. The foraging activity was higher in summer and autumn. There was relationship between the number of ants with load and the fragment area with the nest size. Nests were not active at the same time, even under temperature and relative humidity favorable. These information are important to improve control strategies with formicid baits, allowing its application on period of greater activity of the nests to ensure a fast and efficient loading of baits and reduce their exposure to non-target organisms.

**Keywords:** Leaf-cutting ants. Behavior. Rhythm of activity. Plant biomass.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Atividade de forrageamento de operárias de *Atta sexdens* com carga em função da temperatura nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014..... 31
- Figura 2 Atividade de forrageamento de operárias de *Atta sexdens* sem carga em função da temperatura nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014..... 32
- Figura 3 Atividade de forrageamento de operárias de *Atta sexdens* com carga, a cada estação do ano, em função da temperatura nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014..... 35
- Figura 4 Atividade de forrageamento de operárias de *Atta sexdens* sem carga, a cada estação do ano, em função da temperatura nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014..... 38
- Figura 5 Atividade de forrageamento de operárias de *Atta sexdens* com carga em função da umidade relativa nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição entre Mata Atlântica e Cerrado, entre 2013 e 2014..... 41
- Figura 6 Atividade de forrageamento de operárias de *Atta sexdens* sem carga em função da umidade relativa nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014..... 42
- Figura 7 Atividade de forrageamento de operárias de *Atta sexdens* com carga, a cada estação do ano, em função da umidade relativa nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014..... 45

Figura 8	Atividade de forrageamento de operárias de <i>Atta sexdens</i> sem carga, a cada estação do ano, em função da umidade nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014. ....	49
Figura 9	Número médio de formigas com carga retornando ao ninho por minuto no verão em função da hora do dia nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014. ....	50
Figura 10	Número médio de formigas com carga retornando ao ninho por minuto no outono em função da hora do dia nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014. ....	50
Figura 11	Número médio de formigas com carga retornando ao ninho por minuto no outono em função da hora do dia nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e na área de transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014. ....	52
Figura 12	Número médio de formigas com carga retornando ao ninho por minuto na primavera em função da hora do dia nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e na área de transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014. ....	52
Figura 13	Proporção média do número de formigas sem carga e formigas com carga por minuto retornando ao ninho ao longo dia. Os dados são a média dos cinco ninhos em atividade de forrageamento durante as quatro estações do ano, nos três biomas e na transição Mata Atlântica-Cerrado. ....	53

Figura 14	Massa vegetal acumulada pela atividade de forrageamento e o número de formigas com carga de <i>Atta sexdens</i> nas quatro estações ano nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e em na área de transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.....	54
Figura 15	Massa média individual transportada: massa vegetal transportada por formigas com carga de <i>A. sexdens</i> nas quatro estações do ano, nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e na transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014. ....	55
Figura 16	Área foliar acumulada dos fragmentos vegetais transportados por formigas com carga de <i>A. sexdens</i> nas quatro estações do ano, nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e em uma área de transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014. ....	56
Figura 17	Relação entre o tamanho médio dos ninhos ( $m^2$ ) e o número acumulado de formigas com carga nas quatro estações ano, nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e em uma área de transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014. ....	56
Figura 18	Relação entre o tamanho médio dos ninhos ( $m^2$ ) e área vegetal acumulada ( $cm^2$ ) transportada por operárias de <i>Atta sexdens</i> nas quatro estações ano, nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e em uma área de transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Equações do número de formigas de <i>Atta sexdens</i> com carga em função da temperatura em cada bioma. ....	33
Tabela 2	Equações do número de formigas de <i>Atta sexdens</i> sem carga em função da temperatura em cada bioma. ....	33
Tabela 3	Equações de sazonalidade do número de formigas de <i>Atta sexdens</i> com carga em função da temperatura em cada bioma. ....	36
Tabela 4	Equações de sazonalidade do número de formigas de <i>Atta sexdens</i> sem carga em função da temperatura em cada bioma. ....	39
Tabela 5	Equações do número de formigas de <i>Atta sexdens</i> com carga em função da umidade relativa do ar em cada bioma. ....	43
Tabela 6	Equações do número de formigas de <i>Atta sexdens</i> sem carga em função da umidade relativa do ar em cada bioma. ....	43
Tabela 7	Equações de sazonalidade do número de formigas com carga em função da umidade relativa do ar em cada bioma. ....	46
Tabela 8	Equações de sazonalidade do número de formigas sem carga em função da umidade relativa do ar em cada bioma. ....	48

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	17
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	17
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	17
<b>3</b>	<b>HIPÓTESES</b> .....	18
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
<b>4.1</b>	<b>Importância do setor florestal no Brasil</b> .....	19
<b>4.2</b>	<b>As formigas cortadeiras</b> .....	20
<b>4.3</b>	<b>Formigas cortadeiras em florestas plantadas</b> .....	22
<b>4.4</b>	<b>FORAGEAMENTO POR FORMIGAS CORTADEIRAS</b> .....	24
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	27
<b>5.1</b>	<b>Áreas de estudo</b> .....	27
<b>5.2</b>	<b>Atividade de forrageamento</b> .....	28
<b>5.3</b>	<b>Análise de dados</b> .....	30
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	31
<b>6.1</b>	<b>FORAGEAMENTO DE <i>A. sexdens</i> EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA</b> .....	31
<b>6.2</b>	<b>FORAGEAMENTO DE <i>A. sexdens</i> EM FUNÇÃO DA UMIDADE RELATIVA</b> .....	40
<b>6.3</b>	<b>ATIVIDADE DIÁRIA DE FORRAGEAMENTO DE FORMIGAS <i>A. sexdens</i></b> .....	49
<b>6.4</b>	<b>BIOMASSA VEGETAL FORRAGEADA POR <i>A. sexdens</i> E TAMANHO DOS NINHOS</b> ....	54
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	58
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	66
<b>9</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	67
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	70

## 1 INTRODUÇÃO

A área plantada com árvores no Brasil para fins comerciais atingiu 7,6 milhões de hectares em 2013, sendo que 72% são representados por espécies do gênero *Eucalyptus* (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ, 2014). As formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* são as principais pragas dessas plantações, sendo consideradas fator limitante da produtividade (DELLA LUCIA; GANDRA; GUEDES, 2014; OLIVEIRA et al., 2011). Dentre as espécies de formigas cortadeiras, destaca-se *Atta sexdens* pois está presente em todas as regiões do Brasil (RANDO, 2002) e é citada como praga da maioria das culturas, notadamente a eucaliptocultura (FORTI et al., 2011).

As formigas cortadeiras são nativas da região Neotropical e elas possuem organização social e estrutura complexa do ninho, o que torna seu manejo notoriamente difícil (DELLA LUCIA; GANDRA; GUEDES, 2014). Essas formigas precisam fornecer material vegetal fresco ao fungo simbiote que cultivam, para que este disponibilize constantemente alimento à colônia (RIBEIRO; MARINHO, 2011). O processo de seleção, corte e o transporte do material vegetal para o ninho é denominado forrageamento (DELLA LUCIA; OLIVEIRA, 1993).

Atividade de forrageamento é predominantemente noturna em algumas formigas cortadeiras do gênero *Atta* (CHERRETT, 1968), mas não é incomum observar forrageamento durante o dia (GIESEL; BOFF; BOFF, 2013) e algumas das espécies de *Acromyrmex* também apresentam este padrão de forrageamento (ARAÚJO et al., 2002; JOFRÉ; MEDINA, 2012). Esta atividade geralmente segue um ritmo circadiano, que pode ser modificada pelas necessidades internas das colônias, pelas alterações ambientais (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990) e também pela sazonalidade (RIBEIRO; MARINHO, 2011). A temperatura e a umidade relativa (ARAÚJO et al., 2002; JOFRÉ; MEDINA, 2012; GIESEL;

BOFF; BOFF, 2013) são determinantes na variação diária do ritmo de forrageamento.

Existem poucos estudos sobre as influências de temperatura e umidade ao longo do ano em comunidades de formigas (COELHO; RIBEIRO, 2006), porém nenhum deles avaliou simultaneamente o padrão de forrageamento de uma mesma espécie em diferentes biomas. Para a melhoria das estratégias de manejo de formigas cortadeiras em plantios florestais, há necessidade de conhecimentos básicos como biologia, comportamento e ecologia desses insetos (NICKELE, 2013). Isso permitiria compreender o comportamento de forrageamento dessa importante praga nos diferentes biomas brasileiros, permitindo identificar a época e hora do dia quando as formigas são mais ativas em cada região. Com isso é possível aplicar as iscas formicidas nesses horários e épocas aumentando a eficiência do controle e reduzindo o impacto dos inseticidas sobre a população de organismos não alvo, que são requisitos dos programas de manejo integrado de pragas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo deste trabalho foi avaliar o padrão de forrageamento diário e sazonal de *Atta sexdens* em eucaliptais nos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Pampa, para auxiliar as estratégias de manejo deste inseto-praga.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Avaliar a resposta da atividade diária e sazonal de forrageamento de *A. sexdens* às variações de temperatura e umidade relativa do ar nos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Pampa;
- b) Determinar a relação entre o tamanho do ninho, número de formigas com carga e a biomassa vegetal transportada.

### 3 HIPÓTESES

- I. O forrageamento de *A. sexdens* diminui em condições extremas de temperatura e intensifica com o aumento da umidade relativa do ar.
- II. O forrageamento diário de *A. sexdens* é noturno e circadiano, mas difere entre as estações do ano.
- III. O padrão diário e sazonal de forrageamento de *A. sexdens* difere entre biomas.
- IV. Ninhos maiores possuem maior número de operárias forrageadoras e transportam mais biomassa vegetal que ninhos menores.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Importância do setor florestal no Brasil

O setor florestal é um importante segmento da economia e destaca-se como relevante fornecedor de matéria-prima e energia para diferentes segmentos industriais. Nas últimas décadas a expansão da cultura de *Eucalyptus* sp. foi notável, tanto que o país se ascendeu no mercado internacional como um dos principais produtores de celulose, e atualmente, o Brasil é o 4º maior produtor mundial de celulose. A produção nacional de carvão vegetal responde por cerca de 14% do total produzido mundialmente, tendo este insumo, como destino principal, a produção de ferro-gusa, aço, ferro-ligas e silício metálico (IBÁ, 2014).

No ano de 2013, a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. no Brasil totalizou 7,04 milhões de hectares, sendo 77,7% correspondentes à área de plantios de *Eucalyptus* sp. (IBÁ, 2014). O segmento de Papel e Celulose concentra 72,5% da área plantada, seguido pelos segmentos de Siderurgia a Carvão Vegetal (19,5%) e Painéis de Madeira Industrializada (7,3%) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF, 2013).

As condições edafoclimáticas e fundiárias, aliadas aos fatores políticos de investimento em pesquisa e desenvolvimento, verticalização do setor e qualidade de mão-de-obra empregada, proporcionam uma maior produtividade por hectare e, conseqüentemente, um menor ciclo de colheita para os plantios florestais estabelecidos no Brasil, em relação aos demais países produtores (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL - BRACELPA, 2014).

As plantações florestais brasileiras, que ocupam menos de 1% da área produtiva do País, têm apresentado resultados significativos na balança comercial, contribuindo de forma decisiva para que o setor de base florestal seja o terceiro colocado em nível de importância na balança comercial do agronegócio, após os complexos soja e carne. Estima-se que o setor florestal manteve 4,4 milhões de empregos (diretos, indiretos e pelo efeito-renda), gerando uma renda de R\$ 12,2 bilhões. Os tributos arrecadados correspondem a R\$ 8,8 bilhões e a contribuição do setor para a balança comercial foi de R\$ 8,3 bilhões em exportação. A lucratividade média da atividade foi de aproximadamente R\$ 791/ha/ano (IBÁ, 2014).

No âmbito social, as atividades da cadeia produtiva do setor promovem a geração de emprego e renda, incluem pequenos produtores no sistema de produção, investem em programas de inclusão social, educação e meio ambiente nas regiões de sua influência. Além disso, por fixarem as populações no campo, auxiliam também na melhoria da qualidade de vida nas áreas rurais (ABRAF, 2013).

Do ponto de vista ambiental, a gestão responsável das florestas plantadas reduz as pressões sobre as florestas nativas para produtos florestais, permitindo subsequentemente que florestas naturais sejam protegidas e conservadas. Ao oferecer uma alternativa economicamente sustentável de madeira proveniente de plantios florestais, o desmatamento de florestas nativas para igual finalidade econômica pode ser evitado (ABRAF, 2013).

#### **4.2 As formigas cortadeiras**

Nativas da Região Neotropical, as formigas cortadeiras ocorrem desde o sul dos Estados Unidos até a região central da Argentina, inexistindo no Chile e em algumas ilhas das Antilhas (DELABIE et al., 2011; MARICONI, 1970) e

possuem ampla distribuição geográfica no Brasil (DELLA LUCIA; FOWLER; MOREIRA, 1993; GONÇALVES, 1964; RANDO, 2002; RANDO; FORTI, 2005).

As formigas cortadeiras pertencem a dois gêneros: *Atta* e *Acromyrmex*, são membros da família Myrmicinae, parte da tribo Attini (Hymenoptera: Formicidae) e exibem um único traço entre as formigas - o cultivo de fungos como um recurso. São insetos eussociais e têm três características principais: (1) cuidado cooperativo da prole, (2) divisão reprodutiva do trabalho, e (3) sobreposição de gerações que contribuem para o trabalho colônia (BRANDÃO; MAYHÉ-NUNES; SANHUDO, 2011; DELLA LUCIA; SOUZA, 2011).

Seguindo a nova classificação proposta por Bolton (2014), ocorrem nove espécies do gênero *Atta* e 25 espécies do gênero *Acromyrmex* no Brasil. *Atta sexdens* (saúva-limão) é a espécie com maior ocorrência e está presente em todas as regiões do Brasil, seguida de *Atta laevigata* (Smith, 1858) (saúva-cabeça-de-vidro), sendo estas, as espécies de maior importância do ponto de vista econômico. Para o gênero *Acromyrmex*, *Acromyrmex rugosus* (Smith, 1858) é uma das espécies com maior frequência de ocorrência no Brasil, seguida de *Acromyrmex balzani* (Emery, 1890) (RANDO, 2002; RANDO; FORTI, 2005).

As formigas *A. sexdens* apresentam coloração vermelha, e quando esmagadas exalam cheiro de limão (MARICONI, 1970), e dentro da colônia, exibem algum grau de polimorfismo (SOUZA; SANTOS; DELLA LUCIA, 2011). Seu ninho constitui-se da parte externamente visível em apenas um monte de terra solta ou murundu, e se caracteriza por possuir grande quantidade de orifícios. A terra solta é depositada de forma irregular, parecendo funis ou pequenos vulcões. Quando adulto, o ninho pode apresentar de 120 a 1.000 orifícios abertos na superfície do solo e até 5 metros de profundidade (FORTI et al., 2011). Os túneis de forrageamento, por onde as saúvas transportam as folhas cortadas, abrem-se para o exterior do formigueiro em orifícios (GONÇALVES,

1945) localizados, geralmente fora do limite da área de terra solta a distâncias variáveis (FORTI et al., 2011). Gonçalves (1964) estimou que operárias de *A. sexdens* forrageiam até 200 metros de distância do ninho, entretanto é observada uma maior intensidade de operárias forrageando a distâncias menores do ninho, numa faixa de 65 a 85 metros são encontradas poucas formigas (SCHLINDEWEIN, 2004).

### 4.3 Formigas cortadeiras em florestas plantadas

As formigas cortadeiras são consideradas as principais pragas de cultivos florestais no Brasil, pois atacam árvores em todas as idades e em todas as épocas do ano (ANJOS; MOREIRA; DELLA LUCIA, 1993; OLIVEIRA et al., 2011).

É importante ter em conta as perdas de produção de madeira em árvores desfolhadas por formigas cortadeiras para as decisões de controle destas pragas (DELLA LUCIA; VILELA, 1993). Os danos causados são mais prejudiciais nos primeiros três anos de idade. Um único desfolhamento total retarda o crescimento da planta (MATRANGOLO et al., 2010). Zanetti et al. (2003) avaliaram o nível de dano econômico de formigas cortadeiras em eucaliptais em uma região do Cerrado, e estimaram uma redução de 0,87% no volume de madeira em *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, 1832 para cada 3 m<sup>2</sup> de área de formigueiros por hectare, e determinaram que a área total de formigueiros em plantações com 24 e 84 meses deve ser inferior a 24,87 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e 7,02 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Em áreas de Mata Atlântica cultivadas com eucalipto, verificou-se que as formigas cortadeiras reduziram a produtividade de madeira entre 0,04 a 0,13 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, para cada m<sup>2</sup> de área de terra solta de *Atta* sp., resultando em nível de

dano econômico entre 13,4 a 39,2 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> de terra solta (SOUZA; ZANETTI; CALEGARIO, 2011).

Diversas táticas de controle têm sido estudadas e empregadas no combate às formigas cortadeiras, contudo, o controle químico por meio de iscas formicidas é o mais utilizado no manejo de formigas cortadeiras (OLIVEIRA et al., 2011), devido à praticidade, economia e eficiência (DELLA LUCIA, 2003). O princípio ativo mais utilizado na formulação de iscas formicidas é a sulfluramida (sulfonamida fluoralifática), bem como fipronil (pirazol), clorpirifós (organofosforado) e tefrósia (anil branco) (BRASIL, 2014).

Apesar da praticidade e eficiência do controle químico, algumas substâncias foram classificadas como “altamente perigosas”, e seu uso tem sido banido em viveiros florestais e florestas certificadas. Entretanto, essas substâncias continuam a ser utilizadas por meio de derrogação temporária, desde que sejam atendidas algumas condicionantes tais como: reduzir a quantidade de produtos químicos para o mínimo necessário para o controle efetivo; reduzir os riscos para os animais não alvo para um nível aceitável, identificando a época e hora do dia quando as formigas são mais ativas e aplicar iscas durante essa época e tempo para garantir o máximo carregamento de iscas pelas formigas cortadeiras; limitar a aplicação de iscas inseticidas apenas ao formigueiro (entradas ou trilhas na superfície do ninho) (FOREST STEWARDSHIP COUNCIL - FSC, 2014; ISERING; NEUMEISTER, 2014).

As formigas cortadeiras, pelo seu comportamento eussocial, desenvolvem estratégias que dificultam o seu controle. Apresentam capacidade de reconhecimento de algumas substâncias que podem prejudicar o desenvolvimento do fungo simbionte ou mesmo contaminar as operárias durante o forrageamento. Além disso, apresentam divisão estruturada de trabalho, o que dificulta a contaminação da rainha e conseqüente morte do formigueiro (MARINHO; DELLA LÚCIA; PICANÇO, 2006).

Os problemas com formigas cortadeiras foram agravados em ecossistemas de florestas plantadas. Estes locais são grandes extensões de monoculturas principalmente de eucalipto, onde formigas cortadeiras são pragas-chaves. As empresas florestais enfrentam problemas como os requisitos de certificação restritivos, e uma falta de agentes de controle e técnicas para manter essas pragas abaixo dos limiares econômicos (DELLA LUCIA; GANDRA; GUEDES, 2013). A procura por novos princípios ativos para o controle das formigas cortadeiras encontra-se sob intensa pesquisa, visando à descoberta de substâncias efetivas no controle dessa praga. Devido à alta toxicidade dos princípios ativos utilizados atualmente, é cada vez maior a pressão para a descoberta de novos princípios químicos menos agressivos ao meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2011).

#### **4.4 Forrageamento por formigas cortadeiras**

Para obter recurso alimentar, as formigas cortadeiras de uma mesma colônia trabalham em cooperação – primeiro exploram o ambiente, depois selecionam o material vegetal a ser cortado, cortam-no e o transportam para os ninhos. A esse conjunto de atividades dá-se o nome de forrageamento. O material vegetal cortado é transportado pelas operárias para o interior de seus ninhos subterrâneos e usado para cultivar o fungo simbiote *Leucogaricus gongylophorus* (Agaricales: Basidiomycota) que serve de alimento, principalmente para as larvas da colônia (MOREIRA; ERTHAL JUNIOR; SAMUELS; 2011; RIBEIRO; MARINHO, 2011).

Durante a atividade de forrageamento as formigas usam estratégias comportamentais para encontrar e utilizar fontes energéticas e nutrientes. Isso resulta na interação de comportamentos individuais das operárias e na construção de trilhas de exploração (SCHLINDWEIN, 2004). Depois que

operárias detectam uma fonte alimentar, elas recrutam as companheiras do ninho (BURD, 2000). As operárias exploradoras efetuam o corte de reconhecimento e levam o fragmento vegetal ao ninho, assim a informação sobre a fonte alimentar é passada para outras operárias que vão até a fonte e iniciam o forrageamento, estabelecendo assim o recrutamento (SCHLINDWEIN, 2004).

As formigas do gênero *Atta* utilizam uma área de forrageamento relativamente extensa, cortando uma grande diversidade de espécies vegetais (CHERRETT, 1968; RIBEIRO; MARINHO, 2011), e embora sejam consideradas herbívoros generalistas, algumas espécies de formigas cortadeiras se especializaram em cortar gramíneas e outras dicotiledôneas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Os padrões de forrageamento variam muito com a sazonalidade (DELLA LUCIA; OLIVEIRA, 1993; RIBEIRO; MARINHO, 2011). Em um estudo realizado com *A. sexdens* em pastagens no sul do Brasil, Giesel, Boff e Boff (2013) verificaram a ocorrência de correlação negativa entre o número de operárias e a temperatura durante o verão e outono, enquanto que no inverno, o número de operárias se correlacionou negativamente com a umidade relativa do ar. Além disso, os autores sugeriram que o forrageamento é maior no inverno e na primavera que no restante das estações.

Entretanto, Cerqueira (2012) não identificou diferença no ritmo de atividade de forrageamento de *A. sexdens* em um cultivo de eucalipto na Mata Atlântica entre os meses do ano, caracterizando ausência de sazonalidade. Contudo, observou que a atividade de forrageamento aumenta à medida que a temperatura diminui, ocorrendo preferencialmente entre 19 e 23 °C. Costa et al. (2008) verificaram certa sazonalidade no forrageamento de *A. laevigata*, em área de Cerrado, porém não conseguiram concluir sobre o período do ano de maior intensidade de forrageamento.

Outros fatores podem influenciar a atividade de forrageamento das formigas cortadeiras, como o tamanho do formigueiro, queimadas, distribuição espacial entre colônias, hora do dia, presença de parasitoides, precipitação pluviométrica, umidade e temperatura (RIBEIRO; MARINHO, 2011). Além disso, algumas espécies de formigas ajustam a hora da atividade principal de forrageamento em resposta ao clima, à presença de alimento e à disponibilidade de forrageiras em determinado período (DELLA LUCIA; OLIVEIRA, 1993). No entanto, os fatores climáticos, em especial, a temperatura pode ser considerada a mais importante, principalmente nos trópicos, onde as mudanças diárias e sazonais nas atividades de forrageamento se relacionam com temperatura e umidade (JOFRÉ; MEDINA, 2012).

Urbas et al. (2007) analisaram que a área foliar total consumida por uma colônia de *A. cephalotes* em um fragmento florestal na Caatinga durante um ano varia de 4721,55 a 10916,9 m<sup>2</sup>, sendo a máxima ocorrendo no mês de janeiro, o pico da estação seca. Giesel, Boff e Boff (2013) verificaram que as atividades de *A. sexdens* em pastagens no Sul do Brasil se concentraram durante a noite no verão e durante a tarde no inverno, enquanto que na primavera e outono a atividade de forrageamento foi maior durante a manhã, permitindo formigas forrageiras sob condições de temperaturas mais favoráveis.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Áreas de estudo

O estudo foi realizado em áreas de cultivo de *Eucalyptus* sp., nos municípios de Araraquara, Curvelo, Eunápolis e São Borja, que estão sob domínio dos biomas Mata Atlântica, Cerrado e Pampa e uma área de Transição Mata Atlântica-Cerrado, onde estão localizados os principais maciços florestais de *Eucalyptus* sp. no Brasil (IBÁ, 2014).

Araraquara situa-se região central do estado de São Paulo (21° 47' 38" S 48° 10' 33" O, Alt. 684 m) e está em uma região de transição entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2004). O tipo de solo predominante é Neossolo Quartzarênico Órtipico. O clima da região é tropical Aw (Köppen-Geiger), com chuvas no verão e seca no inverno. A temperatura varia entre 10° e 22°C, sendo a temperatura média anual de 21°C. A precipitação média anual de 1.500 mm (DADOS..., 2014).

Curvelo situa-se na mesorregião central Minas Gerais (18° 45' 21" S 44° 25' 51" O, Alt. 652 m), está sob domínio do Cerrado (Savana) (IBGE, 2004). O tipo de solo predominante é Latossolo Vermelho Distrófico. O clima é classificado como tropical de altitude Cwa (Köppen Geiger). A temperatura varia de 15°C a 30°C, sendo a média anual de 22°C. A precipitação anual é de 1.300 mm, chove muito menos no inverno que no verão (DADOS..., 2014).

Eunápolis situa-se no sul da Bahia (16° 22' 40" S 39° 34' 48" O, Alt. 189 m), está sob domínio do bioma Mata Atlântica (IBGE, 2004). O tipo de solo predominante é Latossolo Amarelo Distrófico. O clima de Eunápolis é classificado como tropical com inverno seco Aw (Köppen-Geiger). A temperatura varia de 18° a 29° C, e a temperatura média anual é de 24°C. A

pluviosidade média anual é de 1.165 mm, chove menos no inverno que no verão (DADOS..., 2014).

São Borja situa-se na região sudoeste do Rio Grande do Sul (28° 39' 39" S 56° 00' 14" O, Alt. 97 m), está sob domínio do bioma Pampa (Estepe) (IBGE, 2004). O tipo de solo predominante é o Latossolo Vermelho Distrófico. O clima é classificado como subtropical úmido Cfa (Köppen Geiger). A temperatura varia de 9° a 32° C, sendo a temperatura média anual de 20° C. A pluviosidade média anual é 1.600 mm bem distribuídos ao longo do ano (DADOS..., 2014).

## 5.2 Atividade de forrageamento

O ritmo de atividade diária e sazonal de forrageamento de *A. sexdens* foi avaliado baseando-se nas metodologias adotadas por Araújo, Della Lucia e Picanço (2004), Araújo et al. (2002), Costa et al. (2008) e Giesel, Boff e Boff (2013). As avaliações foram realizadas entre outubro de 2013 e outubro de 2014, sendo uma avaliação por estação do ano: verão (janeiro), outono (maio), inverno (julho) e primavera (outubro).

Antes de iniciar as avaliações, a atividade no ninho foi confirmada através da presença de formigas, grânulos de terra solta sobre o ninho, trilhas físicas limpas e também pela presença de fragmentos vegetais próximos aos ninhos. Cinco ninhos foram selecionados por área de estudo, sendo cada ninho considerado uma repetição. Foram selecionados ninhos com tamanho superior a 10 m<sup>2</sup> de terra solta, considerados adultos (BRASIL, 2011), demarcados com estacas de madeira e medidos multiplicando o comprimento pela largura do monte de terra solta. Os ninhos também foram georreferenciados através de aparelho GPS.

Em cada colônia, foi monitorado o fluxo de operárias forrageadoras para o interior do seu respectivo ninho, durante 5 minutos, a cada hora, por 48 horas,

usando uma câmera digital filmadora, totalizando 240 coletas de dados por avaliação em cada colônia, a cada estação do ano. As filmagens foram realizadas em uma entrada do ninho que apresentou maior atividade de forrageamento. As filmagens noturnas foram executadas com o uso de lanternas de lâmpadas LED, com o foco coberto por papel celofane vermelho, para não interferir no comportamento das formigas, conforme recomendações de Guajará, Vilela e Jaffé (1990).

Imediatamente após cada observação de campo, foi registrada a temperatura e umidade relativa do ar na entrada do ninho, utilizando aparelho de termo-higrômetro digital portátil (Skill-Tec SKPSD-01).

Posteriormente, em laboratório, foi quantificado o número de operárias que retornaram para o ninho com carga (carregando fragmentos de vegetal) e sem carga, por meio de análise dos vídeos.

Amostras da carga vegetal transportada por cada operária forrageadora foram coletadas após a filmagem da atividade de forrageamento, para não interferir no comportamento das formigas. Os fragmentos foram coletados com uma pinça durante dois minutos a cada duas horas, durante um ciclo de 24 horas, e armazenados em sacos de papel pardo devidamente identificados, para posterior pesagem e medição da área foliar de cada fragmento, baseando-se nas metodologias adotadas por Araújo, Della Lucia e Picanço (2004), Araújo et al. (2002), Cerqueira (2012) e Pimenta et al. (2007).

O material coletado durante cada observação foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 60 ° C por 48 horas, ou até que o mesmo adquirisse massa constante. Cada fragmento seco foi pesado em balança digital analítica (0,0001 g), colado em papel branco e digitalizado em scanner de mesa (HP Photosmart C4200 series) com resolução de 300 pontos por polegada. Para medição da área foliar foi utilizado o Software livre ImageJ (v. 1.49) (RASBAND, 2014).

### 5.3 Análise de dados

A matriz de dados da atividade de forrageamento foi construída com o número de formigas sem carga, número de formigas com carga, área foliar forrageada, massa seca dos fragmentos, temperatura e umidade relativa do ar para cada tempo de amostragem a cada estação do ano. Para comparar o número de formigas com e sem carga, massa e área vegetal diária e sazonal em função do bioma, temperatura e umidade relativa foi feita uma análise de variância e regressão utilizando-se o Modelo Linear Generalizado de Poisson Inflacionado por Zeros (ZIP) (LAMBERT, 1992). Posteriormente, realizou-se a junção dos termos qualitativos não significativos através de análises de contraste de modelos com o teste de Vuong, para verificar a semelhança pela razão de verossimilhança entre os tratamentos, a partir do modelo completo. Neste teste, quando  $p > 0,05$  quer dizer que os modelos são semelhantes e quando  $p < 0,005$  quer dizer que os modelos são diferentes. As análises foram realizadas por meio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2005).

A massa e a área vegetal forrageada foram submetidas ao ajuste de modelos lineares generalizados (GLM), usando-se a distribuição de erros de Poisson. Os níveis dos fatores significantes foram comparados por análise de contrastes por agregação dos níveis e comparação de mudanças no deviance (CRAWLEY, 2005). Esta análise foi conduzida para verificar diferenças no forrageamento entre os diferentes tamanhos de formigueiros em cada bioma (Cerrado, Mata Atlântica, Transição Mata Atlântica-Cerrado e Pampa). As análises foram realizadas utilizando-se o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2005).

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Forrageamento de *A. sexdens* em função da temperatura

A variável ambiental temperatura ( $\chi^2 = 3012,0680$ ;  $p < 0,0001$ ) foi significativa sobre o número de formigas com carga e se ajustou ao modelo GLM de Poisson inflacionado por zeros (ZIP). A análise de contraste de modelos demonstrou que o comportamento de forrageamento das formigas em função da temperatura foi semelhante nos biomas Mata Atlântica e Cerrado (Vuong  $z = 1,3458$ ;  $p = 0,0892$ ), sendo representado por um único modelo. A área de Transição Mata Atlântica-Cerrado e o bioma Pampa se ajustaram também ao modelo GLM de Poisson inflacionado por zeros, porém foram diferentes entre si e em relação ao modelo conjunto da Mata Atlântica e Cerrado (Tabela 1, Figura 1).

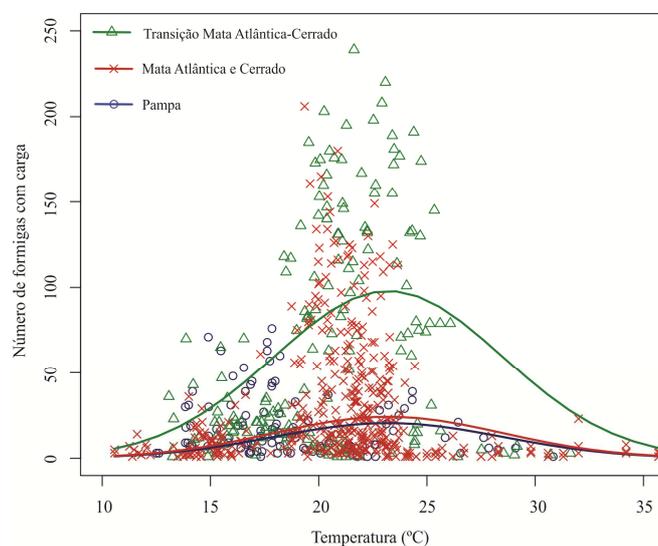


Figura 1 Atividade de forrageamento de operárias de *Atta sexdens* com carga em função da temperatura nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.

O maior número de operárias com carga (Figura 1) ocorreu preferencialmente numa faixa de temperatura entre 19° e 26° C na área de transição Mata Atlântica-Cerrado; entre 20° e 24° C nos biomas Mata Atlântica e Cerrado e entre 16° e 24° C no Pampa. Não foi registrado um número significativo de operárias com carga sob temperatura inferior a 11° C e superior a 32°C. Entretanto, o forrageamento foi maior em temperaturas inferiores a 15° C quando comparado às temperaturas superiores a 28°C.

A temperatura ( $\chi^2 = 3356,8570$ ;  $p < 0,0001$ ) também foi significativa sobre o número de formigas sem carga e se ajustou ao modelo GLM de Poisson inflacionado por zeros (ZIP). A análise da atividade de forrageamento de *A. sexdens* sem carga em função da temperatura demonstrou que os biomas Mata Atlântica e transição Mata Atlântica-Cerrado foram semelhantes (Vuong  $z = 0,92889$ ;  $p = 0,1765$ ), sendo representado por um único modelo. Da mesma maneira, os biomas de Cerrado e Pampa foram semelhantes entre si e diferentes do primeiro (Vuong  $z = 1,5213$ ;  $p = 0,0641$ ) (Tabela 2, Figura 2).

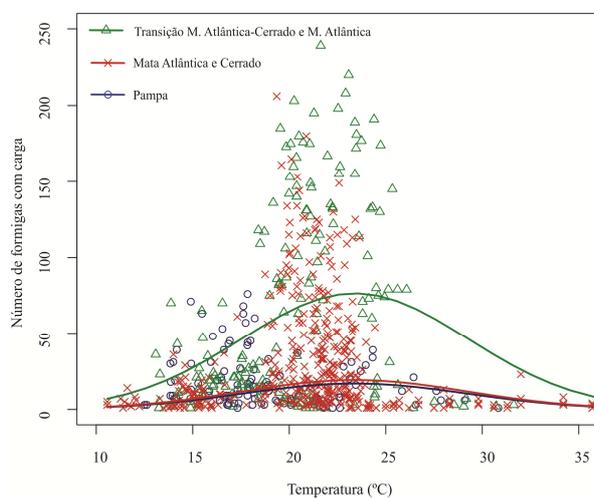


Figura 2 Atividade de forrageamento de operárias de *Atta sexdens* sem carga em função da temperatura nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.

Tabela 1 Equações do número de formigas de *Atta sexdens* com carga em função da temperatura em cada bioma.

Bioma	Equação
Mata Atlântica e Cerrado	$N_{formigas} = e^{(-8,6696478 + 0,0306055 \cdot UR + 0,8310826 \cdot temperatura - 0,0178982 \cdot temperatura^2)}$
Transição Mata Atlântica-Cerrado	$N_{formigas} = e^{(1,3972849 + 0,0306055 \cdot UR + 0,8310826 \cdot temperatura - 0,0178982 \cdot temperatura^2)}$
Pampa	$N_{formigas} = e^{(-0,1651392 + 0,0306055 \cdot UR + 0,8310826 \cdot temperatura - 0,0178982 \cdot temperatura^2)}$

Tabela 2 Equações do número de formigas de *Atta sexdens* sem carga em função da temperatura em cada bioma.

Bioma	Equação
Mata Atlântica e Transição	$N_{formigas} = e^{(-0,59560 + 0,0105297 \cdot UR + 0,3012045 \cdot temperatura - 0,0055636 \cdot temperatura^2)}$
Cerrado e Pampa	$N_{formigas} = e^{(0,58072 + 0,0105297 \cdot UR + 0,3012045 \cdot temperatura - 0,0055636 \cdot temperatura^2)}$

O maior número de formigas sem carga foi observado forrageando numa faixa entre 19° e 25° C para a área de transição Mata Atlântica-Cerrado e o bioma Mata Atlântica, enquanto que para os biomas Cerrado e Pampa observou-se maior intensidade de formigas sem carga forrageando numa faixa entre 15° e 21° C, apesar de ter sido observada também atividade entre 22° e 36°, porém em menor intensidade (Figura 2).

Não houve um número significativo de operárias sem carga sob temperatura inferior a 11° C e superior a 32°C, e a atividade de forrageamento de formigas sem carga foi maior em temperaturas inferiores a 15° C quando comparado às temperaturas superiores a 28°C, assim como ocorreu com as formigas com carga. Entretanto o número de formigas sem carga em temperaturas mais baixas ou mais elevadas foi maior que o número de formigas com carga, inclusive na faixa ótima de temperatura, o número de formigas sem carga foi maior cerca de duas a três vezes o número de formigas com carga.

A sazonalidade em relação à estação do ano (primavera, verão, outono e inverno) e à temperatura ( $\chi^2 = 467,0328$ ;  $p < 0,0001$ ) exercem efeito aditivo sobre *Atta sexdens* com carga e se ajustaram ao modelo GLM de Poisson inflacionado por zeros (ZIP). A análise de contraste de modelos demonstrou que a atividade sazonal de *A. sexdens* apresentou o mesmo comportamento no inverno e na primavera (Vuong  $z = -1,6269$ ;  $p = 0,0519$ ) sendo representados por um único modelo, diferindo significativamente do comportamento durante o outono e verão, que se agruparam em um outro modelo (Vuong  $z = -0,6249$ ;  $p = 0,2660$ ). Os modelos agrupados Inverno-Primavera e Outono-Verão diferiram entre os biomas (Vuong  $z = -10,1466$ ;  $p < 0,0001$ ) (Tabela 3, Figura 3).

A maior atividade de forrageamento foi observada no outono e verão e a menor atividade durante o inverno e primavera. No outono e verão observou-se maior número de formigas com carga na área de transição Mata Atlântica-Cerrado e na Mata Atlântica forrageando em maior intensidade uma faixa ótima

de temperatura entre 18° e 26°C. No inverno e primavera a atividade de forrageamento das formigas com carga foi menor na Mata Atlântica comparado à área de transição Mata Atlântica-Cerrado.

A maior intensidade de formigas com carga no Cerrado foi observada no outono e verão em uma faixa ótima entre 19° e 22°, e menor número de formigas com carga no Pampa, mesmo na faixa ótima de temperatura e umidade.

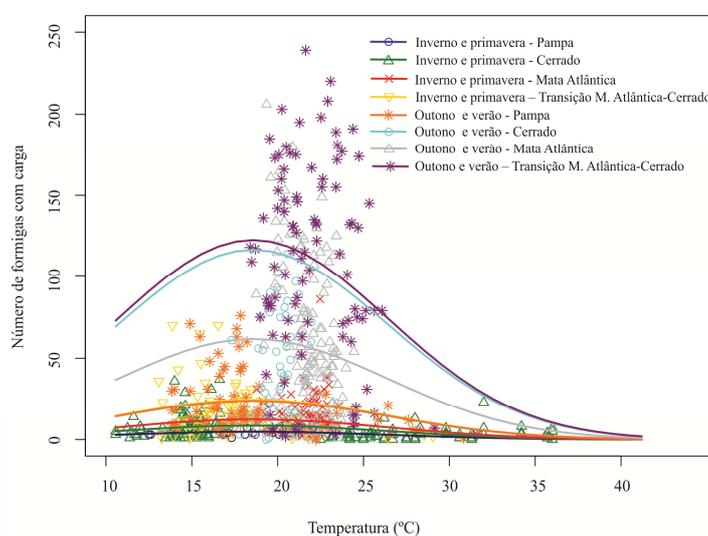


Figura 3 Atividade de forrageamento de operárias de *Atta sexdens* com carga, a cada estação do ano, em função da temperatura nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.

Tabela 3 Equações de sazonalidade do número de formigas de *Atta sexdens* com carga em função da temperatura em cada bioma.

Bioma e Estação	Equação
Inverno e Primavera – Pampa	$N_{formigas} e^{(-1,583306 + 0,004948558 \cdot UR + 0,3011332 \cdot temperatura - 0,008109144 \cdot temperatura^2)}$
Inverno e Primavera – Cerrado	$N_{formigas} e^{(-1,00473 + 0,004948558 \cdot UR + 0,3011332 \cdot temperatura - 0,008109144 \cdot temperatura^2)}$
Inverno e primavera – Mata	$N_{formigas} = e^{(-0,6254255 + 0,004948558 \cdot UR + 0,3011332 \cdot temperatura - 0,008109144 \cdot temperatura^2)}$
Inverno e primavera – Transição	$N_{formigas} = e^{(0,03036551 + 0,004948558 \cdot UR + 0,3011332 \cdot temperatura - 0,008109144 \cdot temperatura^2)}$
Outono e Verão – Pampa	$N_{formigas} = e^{(0,6025695 + 0,004948558 \cdot UR + 0,3011332 \cdot temperatura - 0,008109144 \cdot temperatura^2)}$
Outono e Verão – Cerrado	$N_{formigas} = e^{(1,607299 + 0,004948558 \cdot UR + 0,3011332 \cdot temperatura - 0,008109144 \cdot temperatura^2)}$
Outono e Verão – Mata	$N_{formigas} = e^{(0,9718736 + 0,004948558 \cdot UR + 0,3011332 \cdot temperatura - 0,008109144 \cdot temperatura^2)}$
Outono e Verão – Transição	$N_{formigas} = e^{(1,657665 + 0,004948558 \cdot UR + 0,3011332 \cdot temperatura - 0,008109144 \cdot temperatura^2)}$

A sazonalidade em relação à estação do ano (primavera, verão, outono e inverno) e à temperatura ( $\chi^2= 510,0065$ ;  $p<0,0001$ ) também foram significativas sobre *A. sexdens* sem carga e se ajustaram ao modelo GLM de Poisson inflacionado por zeros (ZIP). A análise de contraste de modelos demonstrou que a atividade sazonal de formigas sem carga tem o mesmo comportamento no outono, primavera e verão, diferente do observado no inverno (Vuong  $z= -1,5144$ ;  $p= 0,0649$ ). Os modelos agrupados Outono-Primavera-Verão e Inverno diferiram entre os biomas (Vuong  $z= -6,3203$ ;  $p< 0,0001$ ) (Tabela 4, Figura 4).

O maior número de formigas sem carga forrageando ocorreu na Mata Atlântica e na área de transição Mata Atlântica-Cerrado durante o outono, primavera e verão (Figura 4). Nestas áreas verificou-se um grande número de formigas forrageando entre 19° e 25° C, enquanto no Cerrado nestas estações, o maior forrageamento ocorreu em uma faixa de temperatura entre 19° e 32° C, porém com menor número de operárias. No Pampa durante estas estações o forrageamento foi considerado baixo, em relação aos outros biomas, e ocorreu preferencialmente entre 15° e 20° C. Entretanto, um número pouco expressivo de formigas forrageou entre 25° e 30°C. Durante o inverno, o maior número de formigas sem carga forrageando também foi observado na Mata Atlântica e na área de transição Mata Atlântica-Cerrado. O forrageamento nestas áreas ocorreu preferencialmente entre 13° e 22°C, enquanto no Cerrado ocorreu preferencialmente entre 10° e 16°C, e no Pampa próximo de 20° C.

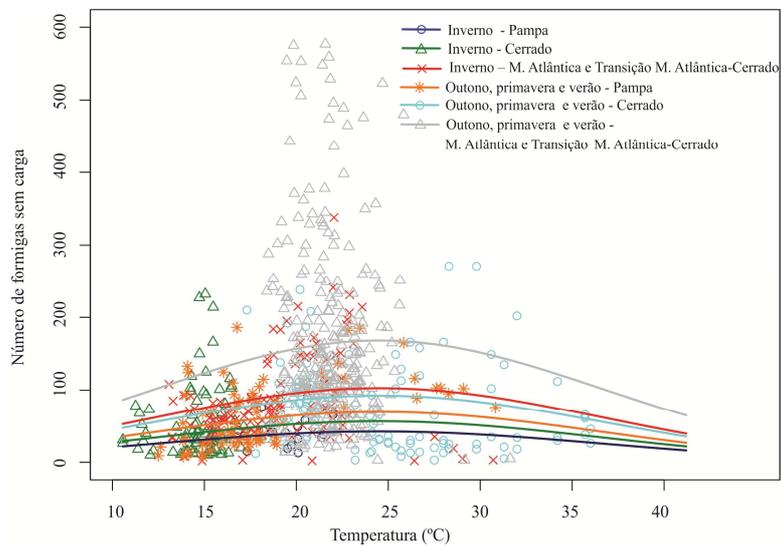


Figura 4 Atividade de forrageamento de operárias de *Atta sexdens* sem carga, a cada estação do ano, em função da temperatura nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.

Tabela 4 Equações de sazonalidade do número de formigas de *Atta sexdens* sem carga em função da temperatura em cada bioma.

Bioma e Estação	Equação
Inverno – Pampa	$N_{formigas} = e^{(1,180295 + 0,007155735 \cdot UR + 0,1677317 \cdot temperatura - 0,003422721 \cdot temperatura^2)}$
Inverno – Cerrado	$N_{formigas} = e^{(1,465642 + 0,007155735 \cdot UR + 0,1677317 \cdot temperatura - 0,003422721 \cdot temperatura^2)}$
Inverno – Mata Atlântica e Transição	$N_{formigas} = e^{(2,063972 + 0,007155735 \cdot UR + 0,1677317 \cdot temperatura - 0,003422721 \cdot temperatura^2)}$
Outono, primavera e verão – Pampa	$N_{formigas} = e^{(1,673426 + 0,007155735 \cdot UR + 0,1677317 \cdot temperatura - 0,003422721 \cdot temperatura^2)}$
Outono, primavera e verão – Cerrado	$N_{formigas} = e^{(1,959775 + 0,007155735 \cdot UR + 0,1677317 \cdot temperatura - 0,003422721 \cdot temperatura^2)}$
Outono, primavera e verão – Mata Atlântica e Transição	$N_{formigas} = e^{(2,237185 + 0,007155735 \cdot UR + 0,1677317 \cdot temperatura - 0,003422721 \cdot temperatura^2)}$

## 6.2 Forrageamento de *A. sexdens* em função da umidade relativa

A umidade relativa ( $\chi^2= 4702,8710$ ;  $p<0,0001$ ) foi significativa sobre o número de *Atta sexdens* com carga e se ajustou ao modelo GLM de Poisson inflacionado por zeros (ZIP). A análise de contraste de modelos de formigas com carga demonstrou que os biomas Mata Atlântica e Cerrado foram semelhantes (Vuong  $z=1,3458$ ;  $p=0,0892$ ), sendo representados por um único modelo (Tabela 5). A área de transição Mata Atlântica-Cerrado e Pampa foram representados por modelos individuais e diferiram entre si e do primeiro (Tabela 5, Figura 5).

A atividade de forrageamento aumentou significativamente com o aumento da umidade. Em geral, maior número de formigas com carga foi observado sob umidade superior a 60%. Na área de transição Mata Atlântica-Cerrado e Cerrado e no Pampa o maior número de formigas com carga foi observado entre 60% e 90% de umidade relativa. Porém, na área de transição Mata Atlântica-Cerrado, quando a umidade diminuiu para 50%, o número de formigas reduziu significativamente, não sendo mais observadas formigas forrageando abaixo de 30% de umidade. Nos biomas Mata Atlântica e Cerrado foi observado maior número de formigas com carga entre 70% e 100% de umidade relativa. Abaixo de 70% esse número reduziu significativamente. Em umidade relativa em torno de 20% ainda foi observado um pequeno número de formigas com carga em atividade.

A umidade relativa ( $\chi^2= 1201,708$ ;  $p<0,0001$ ) exerceu efeito aditivo sobre o número de *Atta sexdens* sem carga e se ajustou ao modelo GLM de Poisson inflacionado por zeros (ZIP). A análise da atividade de forrageamento de *A. sexdens* sem carga demonstrou que os biomas Mata Atlântica e transição Mata Atlântica-Cerrado foram semelhantes (Vuong  $z= 0,9289$ ;  $p= 0,1765$ ), sendo representado por um único modelo. O bioma de Cerrado e Pampa se

agruparam em um único modelo e diferiram do primeiro grupo (Vuong  $z=1,5213$ ;  $p=0,0641$ ) (Tabela 6, Figura 6).

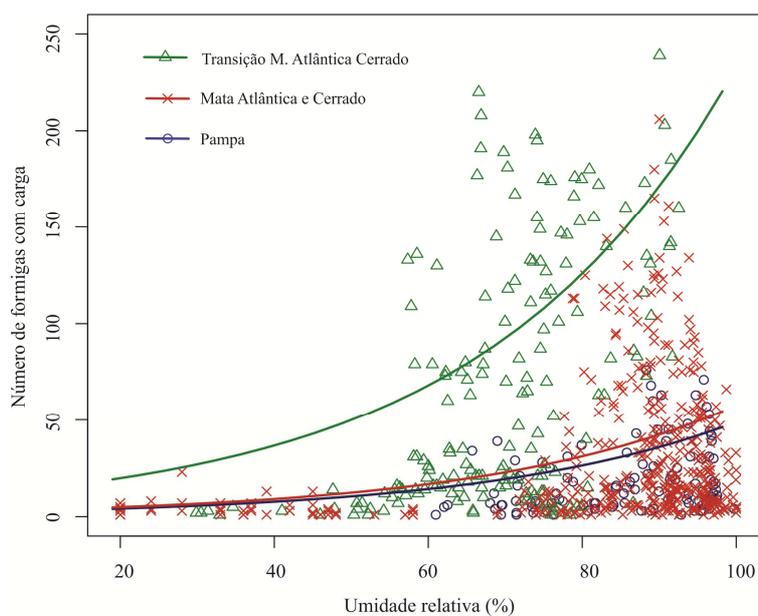


Figura 5 Atividade de forrageamento de operárias de *Atta sexdens* com carga em função da umidade relativa nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição entre Mata Atlântica e Cerrado, entre 2013 e 2014.

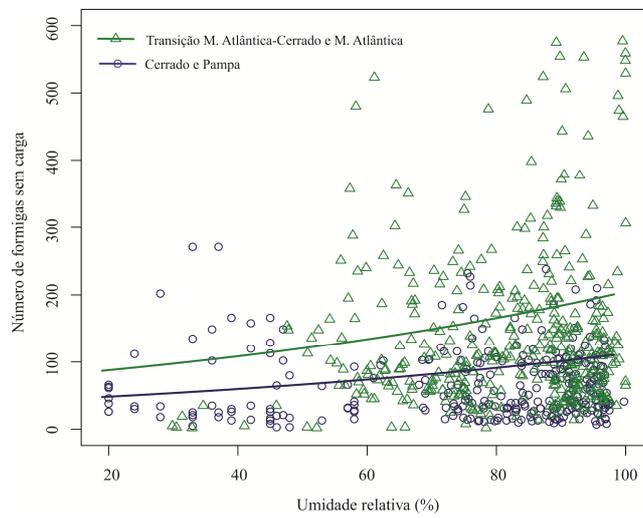


Figura 6 Atividade de forrageamento de operárias de *Atta sexdens* sem carga em função da umidade relativa nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.

Tabela 5 Equações do número de formigas de *Atta sexdens* com carga em função da umidade relativa do ar em cada bioma.

Bioma	Equação
Mata Atlântica e Cerrado	$N_{formigas} = e^{(-9,6696478 + 0,0206055 \cdot UR + 0,8310326 \cdot temperatura - 0,0178982 \cdot temperatura^2)}$
Transição	$N_{formigas} = e^{(1,3972349 + 0,0308055 \cdot UR + 0,8310326 \cdot temperatura - 0,0178982 \cdot temperatura^2)}$
Pampa	$N_{formigas} = e^{(-0,1651192 + 0,0206055 \cdot UR + 0,8310326 \cdot temperatura - 0,0178982 \cdot temperatura^2)}$

Tabela 6 Equações do número de formigas de *Atta sexdens* sem carga em função da umidade relativa do ar em cada bioma.

Bioma	Equação
Mata Atlântica e Transição	$N_{formigas} = e^{(-0,59560 + 0,0105297 \cdot UR + 0,3012045 \cdot temperatura - 0,0055636 \cdot temperatura^2)}$
Cerrado e Pampa	$N_{formigas} = e^{(0,56072 + 0,0105297 \cdot UR + 0,3012045 \cdot temperatura - 0,0055636 \cdot temperatura^2)}$

Assim como a atividade de forrageamento das formigas com carga, observou-se maior número de formigas sem carga sob umidade superior a 60%. Na área de transição Mata Atlântica-Cerrado e na Mata Atlântica o maior número de formigas com carga foi observado forrageando entre 50% e 100% de umidade relativa. Abaixo de 30% de umidade relativa não houve atividade de forrageamento. No Cerrado e no Pampa o maior número de formigas sem carga foi observado em duas faixas de umidade relativa, sendo a faixa entre 60% e 95% com maior intensidade de formigas e outra faixa entre 50% e 30% com menor intensidade de formigas em atividade. Observou-se ainda uma pequena atividade de forrageamento de formigas sem carga sob 20% de umidade relativa. O número de formigas sem carga foi maior sob condição de mais baixa umidade quando comparado ao número de formigas com carga (Figura 6).

A sazonalidade em relação à estação do ano (primavera, verão, outono e inverno) e umidade relativa ( $\chi^2= 44,1030$ ;  $p<0,0001$ ) exercem efeito aditivo sobre *A. sexdens* com carga e se ajustaram ao modelo GLM de Poisson inflacionado por zeros (ZIP). A análise de contraste de modelos demonstrou que a atividade sazonal de *A. sexdens* foi diferente, tendo um mesmo comportamento no inverno e na primavera (Vuong  $z= -1,6269$ ;  $p= 0,0519$ ) sendo representados por um único modelo, significativamente diferente do comportamento durante o outono e verão (Vuong  $z= -0,6249$ ;  $p= 0,2660$ ), representados por outro modelo. Houve diferença significativa entre todos os biomas (Vuong  $z= -10,1466$ ;  $p< 0,0001$ ) (Tabela 7, Figura 7).

No outono e verão o maior número de formigas com carga ocorreu na área de transição Mata Atlântica-Cerrado e na Mata Atlântica forrageando em maior intensidade em condição de umidade relativa superior a 60% na área de transição Mata Atlântica-Cerrado e superior a 80% na Mata Atlântica. No inverno e primavera a atividade de forrageamento das formigas com carga ainda foi menor na Mata Atlântica comparada à área de transição Mata Atlântica-

Cerrado, ocorrendo apenas sob umidade relativa superior a 90% e superior a 50% na área de transição Mata Atlântica-Cerrado (Figura 7).

No Cerrado a maior intensidade de formigas com carga foi observada no outono e verão em umidade superior a 80%, e o menor número de formigas com carga no Pampa, mesmo em umidade relativa superior a 70%. No inverno, observaram-se duas faixas de umidade no forrageamento de formigas com carga, uma com maior intensidade de formigas entre 70 e 90% e outra com menor intensidade de formigas entre 20 e 60% de umidade relativa. No Pampa foi observado apenas um pequeno número de formigas com carga forrageando sob 90% de umidade relativa durante o inverno.

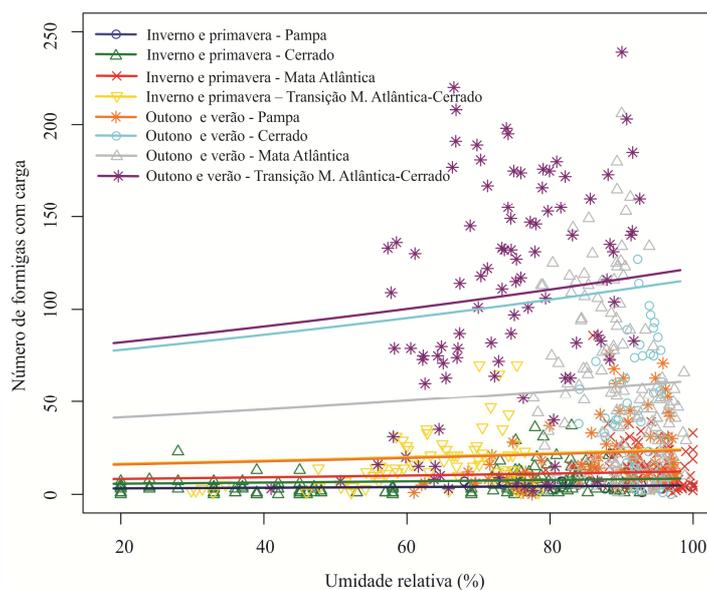


Figura 7 Atividade de forrageamento de operárias de *Atta sexdens* com carga, a cada estação do ano, em função da umidade relativa nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.

Tabela 7 Equações de sazonalidade do número de formigas com carga em função da umidade relativa do ar em cada bioma.

Bioma e Estação	Equação
Inverno e Primavera – Pampa	$N_{formigas} e^{(-1,583306 + 0,004948558 \cdot UR + 0,3011332 \cdot temperatura - 0,008109144 \cdot temperatura^2)}$
Inverno e Primavera – Cerrado	$N_{formigas} e^{(-1,00473 + 0,004948558 \cdot UR + 0,3011332 \cdot temperatura - 0,008109144 \cdot temperatura^2)}$
Inverno e primavera – Mata	$N_{formigas} = e^{(-0,6354255 + 0,004948558 \cdot UR + 0,3011332 \cdot temperatura - 0,008109144 \cdot temperatura^2)}$
Inverno e primavera – Transição	$N_{formigas} = e^{(0,03036551 + 0,004948558 \cdot UR + 0,3011332 \cdot temperatura - 0,008109144 \cdot temperatura^2)}$
Outono e Verão – Pampa	$N_{formigas} = e^{(0,6025093 + 0,004948558 \cdot UR + 0,3011332 \cdot temperatura - 0,008109144 \cdot temperatura^2)}$
Outono e Verão – Cerrado	$N_{formigas} = e^{(1,607299 + 0,004948558 \cdot UR + 0,3011332 \cdot temperatura - 0,008109144 \cdot temperatura^2)}$
Outono e Verão – Mata	$N_{formigas} = e^{(0,9718726 + 0,004948558 \cdot UR + 0,3011332 \cdot temperatura - 0,008109144 \cdot temperatura^2)}$
Outono e Verão – Transição	$N_{formigas} = e^{(1,657665 + 0,004948558 \cdot UR + 0,3011332 \cdot temperatura - 0,008109144 \cdot temperatura^2)}$

A sazonalidade em relação à estação do ano (primavera, verão, outono e inverno) e umidade relativa ( $\chi^2 = 555,3323$ ;  $p < 0,0001$ ) exercem efeito aditivo sobre *A. sexdens* sem carga e se ajustaram ao modelo GLM de Poisson inflacionado por zeros (ZIP). A análise de contraste de modelos demonstrou que a atividade sazonal de *A. sexdens* foi diferente, tendo um mesmo comportamento no outono, primavera e verão, sendo representados por um único modelo, diferente do modelo observado no inverno (Vuong  $z = -1,5144$ ;  $p = 0,0650$ ). Houve diferença significativa entre todos os biomas (Vuong  $z = -6,3203$ ;  $p < 0,0001$ ) (Tabela 8, Figura 8).

O maior número de formigas sem carga foi observado na Mata Atlântica e na área de transição Mata Atlântica-Cerrado ocorrendo durante o outono, primavera e verão. Nestas duas áreas verificou-se que houve um grande número de formigas forrageando em umidade relativa em torno de 100%, enquanto no Cerrado nestas estações foi observado maior forrageamento ocorrendo em umidade relativa entre 20% e 60%, porém com menor número de operárias. No Pampa durante estas estações o forrageamento também foi considerado baixo, em relação aos outros biomas, e ocorreu preferencialmente entre 70% e 90% de umidade relativa (Figura 8).

Durante o inverno, o maior número de formigas sem carga forrageando também foi observado na Mata Atlântica e na área de transição Mata Atlântica-Cerrado. O forrageamento nestas áreas ocorreu preferencialmente em condição de umidade relativa entre 60% e 80%, apesar de ter sido observado também o forrageamento ocorrendo sob 30% e 95% de umidade relativa. Nesta estação o menor forrageamento foi observado no Pampa e Cerrado. No Cerrado o maior forrageamento de formigas sem carga foi observado ocorrendo preferencialmente entre 70% e 90% de umidade relativa, enquanto no Pampa só foram observadas formigas sem carga em umidade relativa superior a 70%.

Tabela 8 Equações de sazonalidade do número de formigas sem carga em função da umidade relativa do ar em cada bioma.

Bioma e Estação	Equação
Inverno – Pampa	$N_{formigas} = e^{(1,180295 + 0,007155735 \cdot UR + 0,1677317 \cdot temperatura - 0,003422721 \cdot temperatura^2)}$
Inverno – Cerrado	$N_{formigas} = e^{(1,465643 + 0,007155735 \cdot UR + 0,1677317 \cdot temperatura - 0,003422721 \cdot temperatura^2)}$
Inverno – Mata Atlântica e Transição	$N_{formigas} = e^{(2,063973 + 0,007155735 \cdot UR + 0,1677317 \cdot temperatura - 0,003422721 \cdot temperatura^2)}$
Outono, primavera e verão – Pampa	$N_{formigas} = e^{(1,673426 + 0,007155735 \cdot UR + 0,1677317 \cdot temperatura - 0,003422721 \cdot temperatura^2)}$
Outono, primavera e verão – Cerrado	$N_{formigas} = e^{(1,938775 + 0,007155735 \cdot UR + 0,1677317 \cdot temperatura - 0,003422721 \cdot temperatura^2)}$
Outono, primavera e verão – Mata Atlântica e Transição	$N_{formigas} = e^{(2,557185 + 0,007155735 \cdot UR + 0,1677317 \cdot temperatura - 0,003422721 \cdot temperatura^2)}$

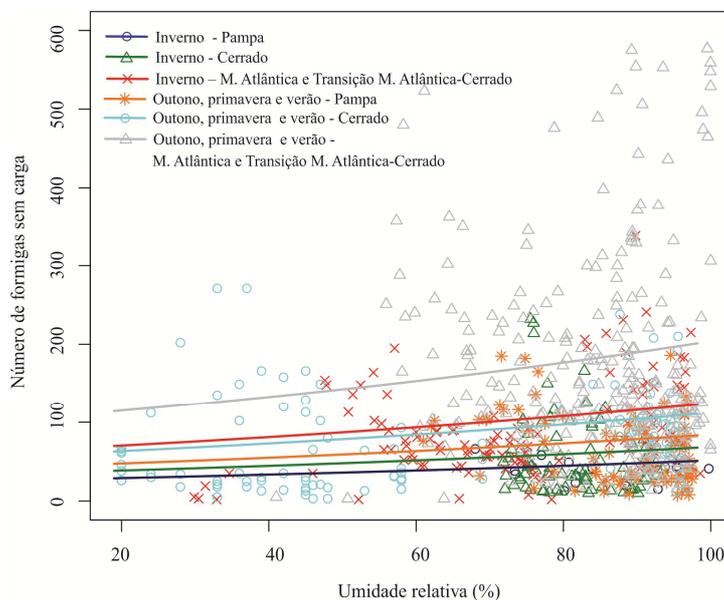


Figura 8 Atividade de forrageamento de operárias de *Atta sexdens* sem carga, a cada estação do ano, em função da umidade nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.

### 6.3 Atividade diária de forrageamento de formigas *A. sexdens*

A hora do dia foi significativa ( $\chi^2 = 299,9172$ ;  $p < 0,0001$ ) para o número de formigas de *A. sexdens* com carga. Para o forrageamento de formigas sem carga, a hora do dia não foi significativa ( $p = 0,0696$ ).

O padrão de forrageamento de *A. sexdens* foi predominantemente noturno em todos os biomas, exceto durante o inverno no Pampa (Figuras 9 a 12). No verão a maior atividade de forrageamento das formigas com carga ocorreu na área de transição Mata Atlântica-Cerrado, no pico da atividade, entre 21 e 4 horas, enquanto no Pampa foi observado o menor número de formigas ao longo do dia. A atividade de forrageamento iniciou por volta das 19 horas nas áreas sob influência da Mata Atlântica, e mais tarde no Cerrado e Pampa. O

fluxo de operárias foi interrompido às 5 horas na Mata Atlântica e cerca de uma a duas horas mais tarde nos demais biomas (Figura 9).

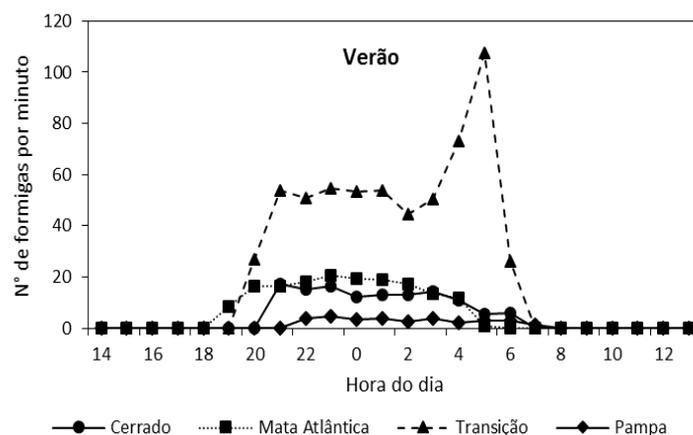


Figura 9 Número médio de formigas com carga retornando ao ninho por minuto no verão em função da hora do dia nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.

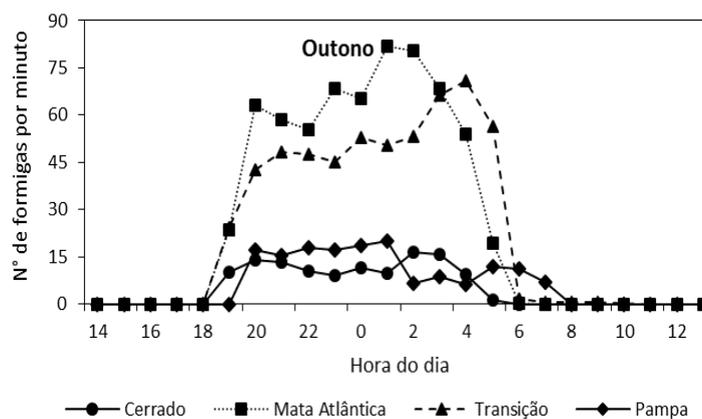


Figura 10 Número médio de formigas com carga retornando ao ninho por minuto no outono em função da hora do dia nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.

A maior atividade de forrageamento no outono foi observada nas áreas sob influência do bioma Mata Atlântica, apresentando no pico de forrageamento entre 50 e 60 formigas com carga por minuto, enquanto no Pampa e Cerrado observamos respectivamente 15 e 10 formigas por minuto. Nesta estação, a atividade de forrageamento se iniciou às 19 horas, exceto no Pampa, que iniciou uma hora mais tarde. O fluxo de operárias foi interrompido mais cedo no Cerrado e nas áreas sob influência da Mata Atlântica e mais tarde no Pampa (Figura 10).

No inverno, o número de formigas com carga ao longo do dia foi menor quando comparado às outras estações do ano. A maior atividade foi observada na área de transição Mata Atlântica-Cerrado apresentando em média entre 10 e 14 formigas com carga por minuto, houve ainda atividade de forrageamento diurna ocorrendo entre 14 e 18 horas, mas o número de formigas com carga não foi significativo. Na Mata Atlântica e Cerrado houve no pico do forrageamento 10 e 8 formigas por minuto, respectivamente. A atividade de forrageamento iniciou às 19 horas nas áreas sob influência da Mata Atlântica e no Cerrado e foi interrompida às 4 horas no Cerrado e cerca de uma a duas horas mais tarde na área de transição Mata Atlântica-Cerrado. No Pampa, observou-se o comportamento de forrageamento de *A. sexdens* diurno no inverno, ocorrendo entre 13 horas e 22 horas, porém o número de formigas com carga não foi expressivo, sendo observada em média uma formiga por minuto (Figura 11).

Na primavera, a maior atividade de forrageamento foi observada na Mata Atlântica com 60 formigas com carga por minuto no pico do forrageamento. No Cerrado foram observadas em média 15 formigas com carga por minuto e 7 formigas por minuto no Pampa. Não foi observada atividade de forrageamento durante a primavera na área de transição Mata Atlântica-Cerrado,

apenas movimentação de terra e limpeza dos ninhos, devido ao intenso período de chuvas antecedendo a coleta de dados (Figura 12).

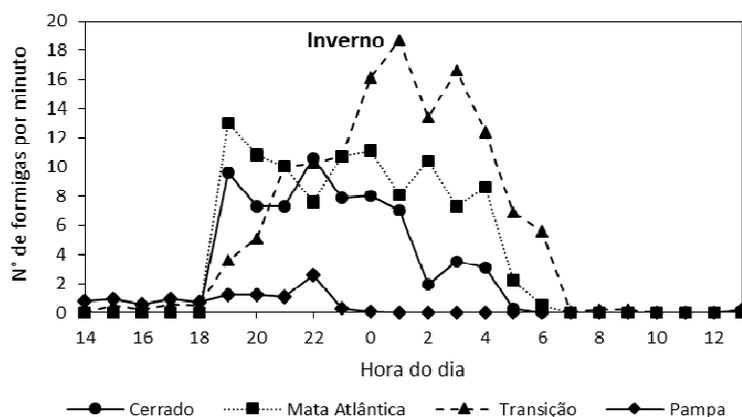


Figura 11 Número médio de formigas com carga retornando ao ninho por minuto no outono em função da hora do dia nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e na área de transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.

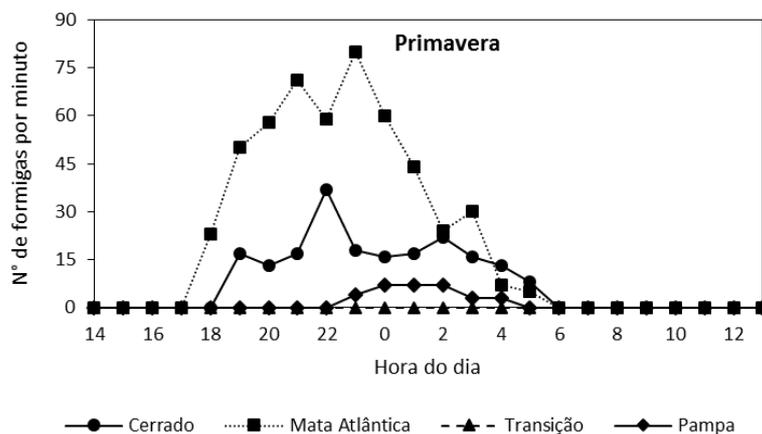


Figura 12 Número médio de formigas com carga retornando ao ninho por minuto na primavera em função da hora do dia nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e na área de transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.

Observou-se que nem todos os ninhos estavam em atividade de forrageamento ao mesmo tempo, apesar de demonstrar sinais de atividade recente. A maior atividade dos ninhos foi observada na Mata Atlântica, que apresentou 100% de ninhos ativos durante o inverno, enquanto o menor percentual ocorreu durante a primavera, com 40% de ninhos em atividade. No Pampa foi registrado o menor percentual de ninhos em atividade, apenas 20%, porém no outono foi observado 60% dos ninhos em atividade.

O número de formigas que retornaram para o ninho sem carga foi três vezes maior que o número de formigas com carga, e essa proporção variou ao longo do período de forrageamento (Figura 13). No início do forrageamento, entre 19 e 20 horas, a proporção de formigas sem carga e formigas com carga foi 5:1, durante o pico do forrageamento, entre 0 e 3 horas, essa proporção reduziu para 3:1, e ao final da atividade de forrageamento, entre 7 e 8 horas, esta proporção foi de 7:1.

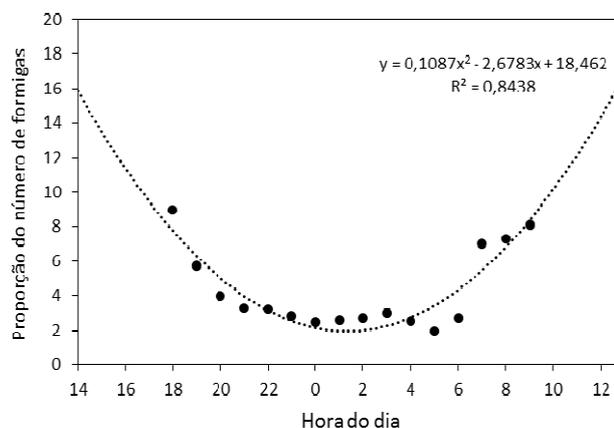


Figura 13 Proporção média do número de formigas sem carga e formigas com carga por minuto retornando ao ninho ao longo do dia. Os dados são a média dos cinco ninhos em atividade de forrageamento durante as quatro estações do ano, nos três biomas e na transição Mata Atlântica-Cerrado.

#### 6.4 Biomassa vegetal forrageada por *A. sexdens* e tamanho dos ninhos

A massa vegetal forrageada por *A. sexdens* foi diferente entre os biomas ( $\chi^2 = 13,2506$ ;  $p = 0,0041$ ), porém não teve relação com a área dos formigueiros ( $\chi^2 = 0,0346$ ;  $p = 0,8525$ ). A maior quantidade de massa vegetal forrageada foi observada na área de transição Mata Atlântica-Cerrado e Mata Atlântica apresentando respectivamente 1885 e 1326 gramas (valor acumulado de cinco ninhos, coletado por dois minutos a cada duas horas nas quatro estações do ano), enquanto no Pampa e Cerrado a massa forrageada foi de 684 e 373 gramas, respectivamente. O mesmo ocorreu para o número de formigas com carga, que transportavam os fragmentos (Figura 14).

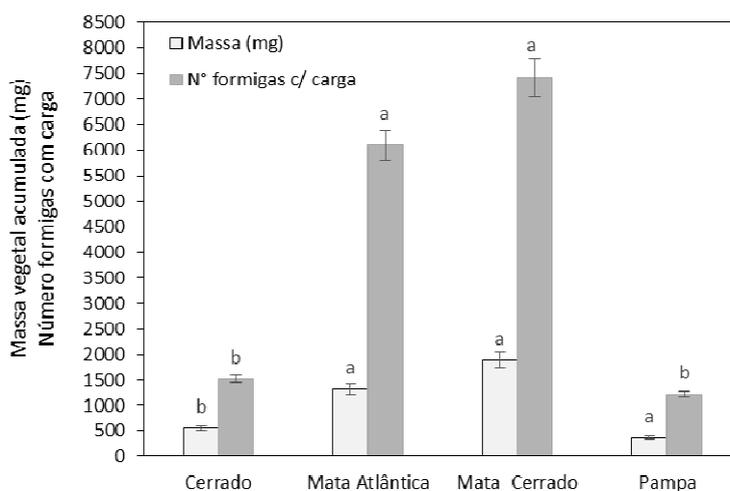


Figura 14 Massa vegetal acumulada pela atividade de forrageamento e o número de formigas com carga de *Atta sexdens* nas quatro estações ano nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e em na área de transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.

A massa média individual transportada por formigas com carga foi maior na Mata Atlântica e na transição Mata Atlântica. No Cerrado, apesar de ter sido observado menor massa vegetal acumulada, este bioma apresentou uma

boa eficiência de forrageamento no transporte individual de massa. A Mata Atlântica que apresentou a maior biomassa acumulada apresentou também a menor eficiência no transporte individual. No bioma Pampa foi observada baixa biomassa vegetal, porém uma boa eficiência no transporte individual de massa, maior que o valor observado no bioma Mata Atlântica (Figura 15).

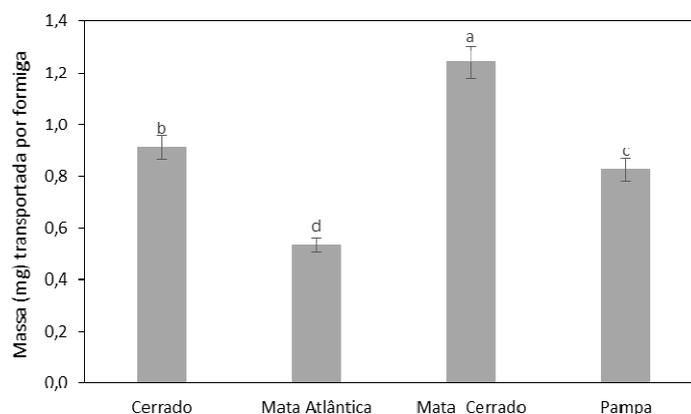


Figura 15 Massa média individual transportada: massa vegetal transportada por formigas com carga de *A. sexdens* nas quatro estações do ano, nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e na transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.

A área vegetal forrageada também foi diferente entre os biomas ( $\chi^2=238,636$ ;  $p<0,0001$ ) (Figura 16), e seguiu o mesmo padrão da massa vegetal. Os maiores valores de área vegetal acumulada foram observados nas áreas sob influência da Mata Atlântica, enquanto a menor área vegetal acumulada foi observada no Cerrado e Pampa.

Houve relação crescente entre o número de formigas com carga e a área foliar acumulada com a área dos formigueiros ( $\chi^2=13,641$ ;  $p=0,0002$ ) (Figura 17 e 18). Ninhos maiores apresentaram maior número de formigas com carga e forragearam maior área foliar, enquanto ninhos menores apresentaram menor número de formigas com carga e forragearam menor área foliar.

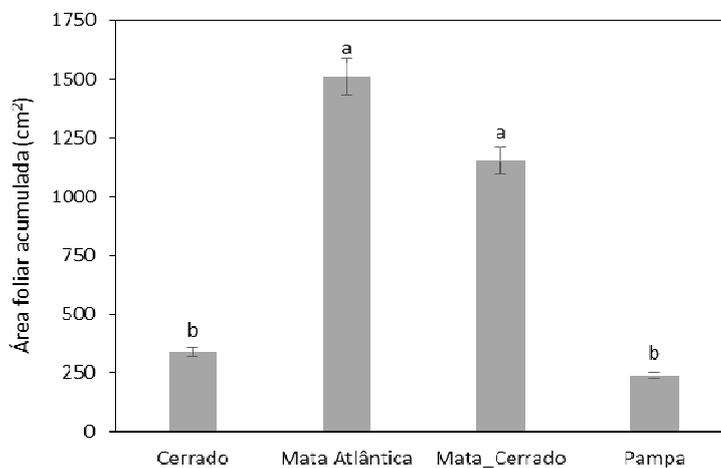


Figura 16 Área foliar acumulada dos fragmentos vegetais transportados por formigas com carga de *A. sexdens* nas quatro estações do ano, nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e em uma área de transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.

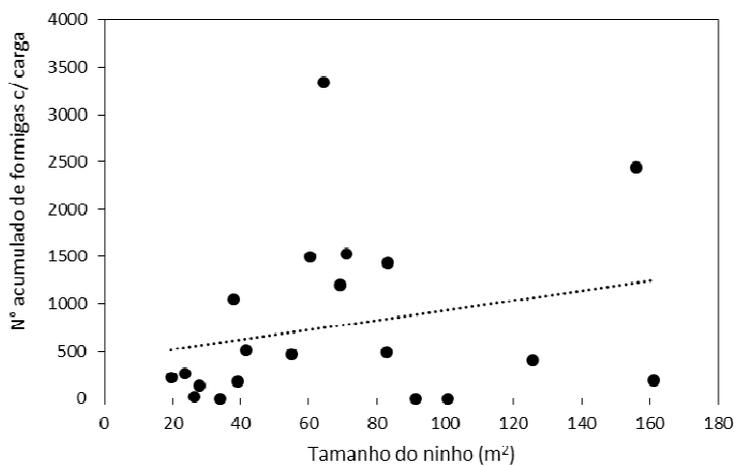


Figura 17 Relação entre o tamanho médio dos ninhos (m<sup>2</sup>) e o número acumulado de formigas com carga nas quatro estações ano, nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e em uma área de transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.

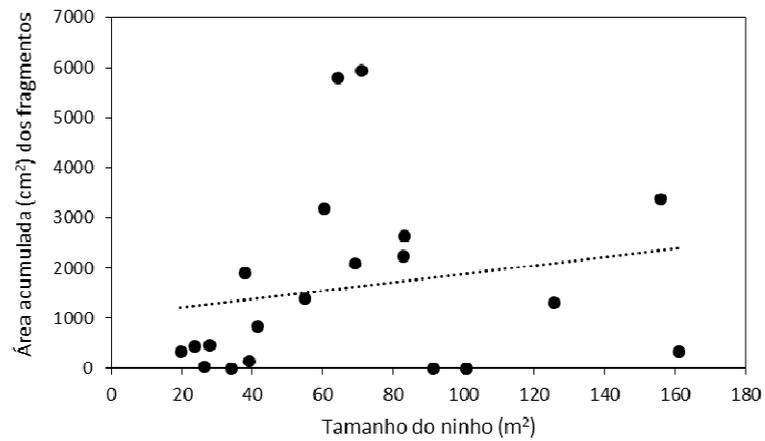


Figura 18 Relação entre o tamanho médio dos ninhos ( $m^2$ ) e área vegetal acumulada ( $cm^2$ ) transportada por operárias de *Atta sexdens* nas quatro estações ano, nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e em uma área de transição Mata Atlântica-Cerrado, entre 2013 e 2014.

## 7 DISCUSSÃO

*Atta sexdens* não forrageou sob temperaturas superiores a 36° e inferiores a 11° C, e o maior fluxo de operárias foi registrado entre 19° e 25° C. Cerqueira (2012) verificou que a atividade de forrageamento aumenta à medida que a temperatura reduz, ocorrendo preferencialmente entre 19 e 23°C. Viana et al. (2004) concluíram que a temperatura é o fator chave na mudança de intensidade de forrageamento ao longo de um dia. Além disso, segundo Tonhasca e Bragança (2000), o forrageamento de formigas cortadeiras é interrompido sob temperaturas superiores a 30°C, pois temperaturas elevadas expõem as formigas a maiores riscos de dessecação. Fowler e Robinson (1979) não observaram formação de trilhas de forrageamento por *A. sexdens* em temperaturas abaixo de 10°C e acima de 30°C. A faixa ótima de temperatura para a atividade de forrageamento variou conforme o bioma, ocorrendo sob temperaturas mais baixas nos biomas Pampa e transição Mata Atlântica-Cerrado, e sob temperaturas mais elevadas para os biomas Cerrado e Mata Atlântica, indicando que não são somente as condições ambientais que estimulam a atividade de forrageamento; a necessidade por recursos também desempenha um papel importante na sazonalidade, assim como as características de cada colônia (JOFRÉ; MEDINA, 2012; WOLDA, 1988).

O pico de forrageamento para formigas com e sem carga ocorreu em faixas próximas de temperatura. O forrageamento de formigas sem carga em condições adversas de temperatura, abaixo de 15° e acima de 25°, foi mais intenso em temperaturas mais baixas. Isso ocorre porque essas formigas apresentam um limite de tolerância de temperatura para realizar a atividade de forrageamento. Organismos em geral não respondem à temperatura mais elevada e iniciam sua atividade apenas quando a temperatura diminui para níveis mais baixos (WOLDA, 1988). Nossos resultados corroboram com o intervalo de

temperatura no qual Jofré e Medina (2012) observaram picos de forrageamento entre 11 a 29 ° C, em que as operárias forrageiam melhor em condições de temperatura mais baixa.

Houve sazonalidade no forrageamento de *A. sexdens* em relação às estações do ano e temperatura. Entretanto, Cerqueira (2012) não identificou diferença no ritmo de atividade de forrageamento de *A. sexdens* em um cultivo de eucalipto na Mata Atlântica entre os meses do ano. A atividade de forrageamento de formigas com carga foi mais intensa nas estações verão e outono, e menos intensa nas estações inverno e primavera. A atividade de forrageamento das formigas sem carga apresentou o mesmo comportamento durante o verão, outono e primavera, diferindo apenas no inverno. Giesel, Boff e Boff (2013) relataram que a atividade de forrageamento é maior no inverno e na primavera que nas estações restantes, sendo observadas até 80 formigas (com e sem carga) por minuto. Simas, Costa e Simas (2003) afirmaram que há pouco forrageamento por formigas cortadeiras no inverno. Bollazzi, Kronenbitter e Roces (2008) também observaram baixos níveis de forrageamento de *Atta cephalotes* quando as temperaturas eram mais baixas. Enquanto a temperatura é uma variável que explica as mudanças nos padrões de forrageamento, há outros fatores importantes, como o status reprodutivo da colônia, a defesa na presença de parasitóides e condições ambientais, como chuva, entre outros fatores (FARJI-BRENER, 1993; HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; JOFRÉ; MEDINA, 2012). *Acromyrmex crassispinus* (Forel, 1909) e *Acromyrmex subterraneus* (Forel, 1893) foram mais ativas durante a primavera e o verão, mas elas também forragearam durante o outono e inverno, no entanto, a intensidade de forrageamento foi menor nessas duas últimas estações (NICKELE, 2013).

O maior fluxo de operárias foi registrado sob alta umidade relativa. Cerqueira (2012) observou que a atividade de forrageamento aumenta proporcionalmente à umidade, ocorrendo preferencialmente entre 80 e 92%. A

umidade em conjunto com a temperatura pode provocar alterações na taxa de respiração das formigas e na perda de água. A alta umidade também altera a composição química e as características das plantas alvo de forrageamento, pois diminui a concentração de metabólitos secundários e deixa as folhas mais tenras, afetando indiretamente o tempo de manipulação e a qualidade nutricional das plantas que servirão de substrato ao fungo simbionte (SIMAS; COSTA; SIMAS, 2003).

Apesar de ser observada maior intensidade de forrageamento em umidade elevada, as formigas que retornaram ao ninho sem carga forragearam com maior frequência em condições de baixa umidade em relação às formigas com carga, principalmente no Cerrado e Pampa. Isso ocorre porque as formigas que retornam ao ninho sem carga apresentam outras funções importantes no forrageamento, como a limpeza da trilha, atividade que não sofre influência direta da umidade (HOWARD, 2001). Trilhas livres de obstáculos minimiza o gasto energético das formigas e permite um transporte mais rápido, aumentando a eficiência no forrageamento (DUSSTOUR et al., 2007).

Houve sazonalidade entre as estações do ano no forrageamento de formigas com carga e umidade. A maior atividade das formigas com carga ocorreu no outono e verão. No inverno e primavera, houve menor intensidade de formigas com carga. O forrageamento no verão e outono foi mais intenso porque ocorreu em melhores condições de umidade em todos os biomas. No inverno e primavera, foi observado maior número de formigas na faixa de baixa umidade relativa, o que explica a menor atividade de forrageamento. O forrageamento durante a estação úmida é mais intenso, e o pico de forrageamento ocorre entre 75 e 80% de umidade relativa do ar (CALDATO et al., 2012).

Assim como no forrageamento das formigas com carga, o número de formigas sem carga retornando ao ninho foi maior durante as estações mais úmidas em todos os biomas. Durante o inverno, a atividade das formigas sem

carga também foi menor em relação às demais estações do ano, contudo, diferente das formigas com carga, ocorrendo preferencialmente em alta umidade. O fluxo de formigas é maior durante os períodos de alta umidade relativa do ar (ARAÚJO et al., 2002), entretanto, a umidade do ar não é um estímulo para o início do forrageamento em formigas (LEWIS; POLLARD; DIBLEY, 1974a). Nickle (2013) não observou forrageamento de *Acromyrmex* ssp. em umidade relativa inferior a 40%.

O forrageamento de formigas com carga e sem carga de *A. sexdens* também ocorreu sob 100% de umidade relativa, sob uma precipitação leve. Em observações diretas do forrageamento de *A. sexdens*, Schindwein (2004) verificou que após o início do forrageamento, o corte não cessou até que as folhas fossem completamente recortadas e recolhidas no solo durante uma chuva intensa. A precipitação pluviométrica aumenta o conteúdo de água nas plantas proporcionando maior atratividade pelas formigas que necessitam de água. Indiretamente, a umidade relativa alta possibilita vegetais com folhas novas e tenras, importantes para a manutenção do fungo e provavelmente com menor taxa de compostos secundários (SIMAS; COSTA; SIMAS, 2003). Durante a primavera, na área de transição e Mata Atlântica-Cerrado não foi observado forrageamento devido a um intenso período de chuvas. As formigas cortadeiras não forrageiam em dias de chuva persistente, a retomada ao forrageamento depende da intensidade e duração das chuvas. A detecção do rastro de feromônio pelas formigas depende da umidade nas trilhas, enquanto houver lâmina de água sobre as trilhas, as formigas não iniciam o forrageamento (LEWIS; POLLARD; DIBLEY, 1974a).

Neste estudo, a atividade de forrageamento de *A. sexdens* mostrou-se predominantemente noturna. Como regra, formigas cortadeiras preferem forragear durante à noite, quando as temperaturas são amenas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). A atividade de *Acromyrmex balzani* também é

predominantemente noturna, iniciando-se no final do entardecer, coincidindo com o período de redução significativa da temperatura (PIMENTA et al., 2007). O período com o maior fluxo de operárias com carga (18 às 4 horas) coincide com as menores temperaturas do dia (CERQUEIRA, 2012). Cherret (1968) observou que a atividade ocorre durante o dia todo, sendo que a atividade mínima ocorre ao meio-dia e a atividade máxima ocorre no período noturno, quando a temperatura média é menor. Além disso, na estação seca, durante o dia, o aumento da temperatura e a diminuição da umidade relativa do ar proporcionam maior desidratação das folhas verdes que são transportados para o ninho. Em consequência, na estação seca, a disponibilidade de seiva e molhamento foliar são mais elevados durante a noite (FARJI-BRENER, 1993). Não foi observada atividade de forrageamento durante o dia, exceto em duas colônias na área de Cerrado-Mata Atlântica, que durante o inverno, iniciaram a atividade de forrageamento às 15 horas em um ciclo de 24 horas, e também no Pampa nesta mesma estação, mas o número de formigas não foi expressivo. Farji-Brener (1993) relatou que fatores climáticos extremos também podem causar mudanças nos padrões de forrageamento noturno/diurno em diferentes estações do ano. Existem registros de que *A. sexdens* pode forragear durante o dia, ajustando o horário de forrageamento de acordo com as condições climáticas favoráveis (DELLA LUCIA; OLIVEIRA, 1993). Giesel, Boff e Boff (2013) registraram o forrageamento de *A. sexdens* em pastagens no Sul do Brasil apresentando um padrão de forrageamento noturno no verão e diurno no inverno. *Acromyrmex crassispinus* e *Acromyrmex subterraneus* não apresentam preferências em forragear exclusivamente durante o dia ou à noite, no entanto, elas não forrageiam em temperaturas abaixo de 10/11°C e umidade relativa do ar abaixo de 40% (NICKELE, 2013).

Com relação à atividade diária, há uma grande heterogeneidade já comprovada por Araújo et al. (2002), Cerqueira (2012), Jofré e Medina (2012) e

Lewis, Pollard e Dibley (1974a, 1974b). Essa variação decorre do período do ano e das condições climáticas (SIMAS; COSTA; SIMAS, 2003). Neste estudo, o forrageamento de *A. sexdens* iniciou quase sempre no mesmo horário, exceto durante o verão no Cerrado e durante o verão e primavera no Pampa, que iniciou cerca de duas horas mais tarde. Ao amanhecer, o fluxo de formigas foi reduzido por volta das 6 horas. O aumento e redução de temperatura ao longo do dia (amanhecer e entardecer), pode explicar o início e término do forrageamento, desde que a temperatura seja amena e não muito quente, sem variações rápidas (LEWIS; POLLARD; DIBLEY, 1974a).

Verificou-se que nem todos os ninhos de *A. sexdens* estavam ativos ao mesmo tempo. Cerqueira (2012) também relatou a falta de sincronia durante o forrageamento de *A. sexdens* na Mata Atlântica. Farji-Brener (1993) sugeriu que a falta de um padrão generalizado de forrageamento pode ser devido à assincronia de requisitos nutricionais entre as colônias.

Ao longo de todas as observações, em média, 67% das formigas retornaram ao ninho sem carga durante todo o forrageamento. Durante o forrageamento, as formigas sem carga estão associadas à necessidade de manutenção e delimitação das trilhas de forrageamento (LEWIS; POLLARD; DIBLEY, 1974b; HOWARD, 2001), recrutamento de mais operárias para a atividade de forrageamento (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990), além do transporte de seiva, que é de fundamental importância para o desenvolvimento da colônia (MOREIRA; ERTAL JUNIOR; SAMUELS, 2011; STRADLING, 1978). Bollazzi e Roces (2011) relataram que no início do forrageamento da formiga cortadeira *Acromyrmex heyeri* (Forel, 1899), 70% de operárias retornaram ao ninho sem carga na fase inicial de forrageamento, reduzindo para 20% após o estabelecimento do forrageamento; este fato representa uma resposta às elevadas necessidades de informação no início do processo diário de forrageamento. No entanto, no presente estudo foi observado um grande número

de operárias retornando ao ninho sem carga, na fase inicial e final do forrageamento. Nickele (2013) também observou um grande número de operárias retornando ao ninho sem carga em todas as fases de forrageamento.

Nas áreas sob influência da Mata Atlântica, as formigas forragearam maior massa vegetal, devido ao maior tamanho dos ninhos e às melhores condições ambientais de temperatura e umidade, enquanto no Cerrado e Pampa forragearam uma menor massa vegetal. Viana et al. (2004) registraram os maiores pesos secos quando as temperaturas estavam entre 30° e 33 ° C, enquanto amostras de peso seco obtidas foram mais baixas imediatamente após períodos de chuva, mas um ligeiro aumento na taxa de forrageamento foi observado após um evento de chuva. A massa transportada por *A. sexdens* é significativamente maior nos meses mais quentes do ano (LEWIS; POLLARD; DIBLEY, 1974b). Contudo, Cerqueira (2012) observou que a massa forrageada por *A. sexdens* reduz à medida que a umidade diminui e a temperatura aumenta.

A maior eficiência no transporte individual de massa foi observada nas áreas sob influência do Cerrado. Na Mata Atlântica, que apresentou boas condições climáticas durante as quatro estações do ano, teve um menor peso médio da carga transportada em comparação ao Cerrado. No Pampa foi observada boa eficiência de transporte individual de massa vegetal apenas no outono, quando as condições climáticas são mais amenas. As diferenças nos padrões de forrageamento nos levam a concluir que *A. sexdens*, como muitas outras espécies de formigas, parecem ser guiadas não apenas por um, mas por vários estímulos ambientais e adaptam sua atividade de forrageamento para corresponder às condições imediatas de seu micro-habitat (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Não foi encontrada relação entre a massa vegetal transportada com o tamanho dos formigueiros. Isso ocorre porque formigas cortadeiras têm preferência por brotações, e estas apresentam maior teor de água e menor

biomassa, enquanto outros fragmentos também transportados como ramos e galhos finos apresentam maior biomassa e menor teor de água. Entretanto, foi encontrada relação entre o número de formigas com carga e a área foliar transportada com o tamanho do ninho. O tamanho do ninho também influencia a quantidade de material vegetativo transportado para ninhos de *A. laevigata*. Viana et al. (2004) observaram que as formigas de ninhos maiores recolhiam cerca de três vezes mais material vegetativo que formigas de um ninho pequeno. Estes autores presumiram que os ninhos maiores eram mais velhos, mais desenvolvidos, e continham mais indivíduos. Conseqüentemente, ninhos maiores poderiam, em virtude da própria dimensão, exercerem um impacto maior sobre a comunidade vegetal. Porém a área externa do ninho não representa o tamanho interno real do ninho (MOREIRA et al., 2002) e o tamanho do ninho nem sempre está relacionado com o número de formigas da colônia, pois o número de operárias varia largamente entre os ninhos de diferentes classes de tamanho (JOFRÉ; MEDINA, 2012). Os ninhos avaliados eram considerados adultos e tinham em média entre 20 e 120 m<sup>2</sup> de terra solta. Nesta classe de tamanho foi possível relacionar o tamanho do ninho com o número de formigas com carga e a área foliar transportada.

## 8 CONCLUSÃO

- O forrageamento de *A. sexdens* diminui em condições extremas de temperatura e se intensifica com o aumento da umidade relativa do ar. A temperatura superior a 30° e inferior a 11° C e umidade inferior a 30% foram limitantes à atividade de forrageamento.
- O forrageamento diário de *A. sexdens* é noturno em todas as estações do ano, quando as condições climáticas são mais favoráveis a esta atividade. A maior atividade de forrageamento ocorreu no outono, devido à temperatura amena e boa condição de umidade relativa desta estação.
- O padrão de forrageamento de *A. sexdens* difere entre biomas. O número de formigas com carga e sem carga foi maior na Mata Atlântica em relação aos biomas Cerrado e Pampa, pois este bioma apresentou condições de temperatura e umidade dentro dos limites favoráveis ao forrageamento.
- Ninhos maiores possuem maior número de operárias forrageadoras e transportam mais biomassa vegetal que ninhos menores. O tamanho do ninho se relacionou com o número de formigas com carga e a área foliar transportada, mas não se relacionou com a massa vegetal dos fragmentos transportados.
- A proporção das formigas sem carga foi maior que as formigas com carga. Essa proporção é maior no início e no final do forrageamento.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação com o controle de formigas cortadeiras é constante em muitos agroecossistemas. A forma mais comumente utilizada para minimizar os efeitos negativos destes insetos é através do uso de iscas tóxicas. No entanto, questões econômicas e ambientais têm obrigado as empresas a melhorarem a eficiência das técnicas de controle químico de formigas cortadeiras e reduzir os riscos para animais não alvo (outros insetos, mamíferos, aves, répteis e anfíbios). Desta forma, ao aplicar as iscas em períodos em que as formigas estão mais ativas, garante-se o máximo de coleta de iscas pelas formigas e o mínimo de iscas remanescente fica disponível para os animais não alvo.

Para o Cerrado, é indicado que o controle de formigas cortadeiras seja realizado em dias em que a temperatura esteja entre 20° e 25°C para garantir maior eficiência no carregamento de iscas. Se o controle for realizado em condições de temperatura superior a 28°C e inferior a 16°C não será eficiente, visto que as formigas não estão em atividade de forrageamento. Com relação à umidade relativa do ar, é indicado que o controle seja realizado em dias de umidade entre 60 e 90%. As iscas formicidas atuais são higroscópicas e perdem a atratividade pelas formigas ao absorverem água; portanto, sugere-se o desenvolvimento de novas iscas que possam ser aplicadas nestas condições de umidade sem que a eficiência e atratividade sejam diminuídas. Em dias de umidade relativa do ar inferior a 40% o controle não será eficaz. Durante todas as estações do ano, a atividade das formigas foi noturna. Desta forma, é recomendado que o controle seja realizado no fim do dia. A época do ano indicada para a aplicação de controle é durante o outono e verão.

Na Área de Transição entre Mata Atlântica-Cerrado é recomendado que o controle de formigas cortadeiras seja realizado em dias em que a temperatura

esteja entre 19° e 24° C. Em condições de temperatura superior a 25° e inferior a 14°C o controle não será eficaz. Com relação à umidade relativa do ar, o ideal é que o controle seja realizado em dias com umidade entre 60 e 90%. Em dias de umidade relativa do ar inferior a 50% o controle não será eficaz. Durante todas as estações do ano, a atividade das formigas foi noturna, exceto no inverno que alguns ninhos apresentaram atividade diurna. Desta forma, no inverno a aplicação de controle pode ser realizado durante o dia e nas demais estações é recomendado que o controle seja realizado no fim do dia. A época do ano indicada para a aplicação de controle é durante o outono e verão.

Na Mata Atlântica é recomendado que o controle de formigas cortadeiras seja realizado em dias em que a temperatura esteja entre 20° e 25°C para garantir maior eficiência no carregamento de iscas. Em condições de temperatura superior a 28°C e inferior a 16°C o controle não será eficiente. Com relação à umidade relativa do ar, é indicado que o controle seja realizado em dias de umidade entre 70 e 95%. Em dias de umidade relativa do ar inferior a 50% o controle não será eficaz. Durante todas as estações do ano, a atividade das formigas foi noturna. Desta forma, é recomendado que o controle seja realizado no fim do dia. A época do ano indicada para a aplicação de controle é durante o outono e verão.

Para o Pampa é recomendado que o controle de formigas cortadeiras seja realizado em dias em que a temperatura esteja entre 15° e 24°C para garantir maior eficiência no carregamento de iscas. Em condições de temperatura superior a 26°C e inferior a 13°C o controle não será eficiente. Com relação à umidade relativa do ar, é indicado que o controle seja realizado em dias de umidade entre 70 e 90%. Em dias de umidade relativa do ar inferior a 60% o controle não será eficaz. Em dias de umidade relativa do ar inferior a 50% o controle não será eficaz. Durante todas as estações do ano, a atividade das formigas foi noturna, exceto no inverno que alguns ninhos apresentaram

atividade diurna. Desta forma, no inverno a aplicação de controle pode ser realizada durante o dia e nas demais estações é recomendado que o controle seja realizado no fim do dia. A época do ano indicada para a aplicação de controle é durante o outono.

## REFERÊNCIAS

ANJOS, N.; MOREIRA, D. D. O.; DELLA LUCIA, T. M. C. Manejo integrado de formigas cortadeiras em reflorestamento. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa, MG: UFV, 1993. p. 212-241.

ARAÚJO, M. S.; DELLA LUCIA, T. M. C.; PICANÇO, M. C. Impacto da queima da palha da cana-de-açúcar no ritmo diário de forrageamento de *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 33-38, jan./fev. 2004.

ARAÚJO, M. S. et al. Foraging activity of *Acromyrmex laticeps nigrosetosus* Forel (Hymenoptera, Formicidae) in Eucalyptus stands. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1321-1325, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **Dados do setor**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/estatisticas/booklet.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

BOLLAZZI, M.; KRONENBITTER, J.; ROCES, F. Soil temperature, digging behaviour, and the adaptive value of nest depth in South American species of *Acromyrmex* leaf-cutting ants. **Oecologia**, Berlin, v. 158, n. 1, p. 165-175, Nov. 2008.

BOLLAZZI, M.; ROCES, F. Information needs at the beginning of foraging: grass-cutting ants trade off load size for a faster return to the nest. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 6, n. 3, 2011. Disponível em: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0017667>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

BOLTON, B. **An online catalog of the ants of the world**. Disponível em: <<http://www.antcat.org/catalog/429529>>. Acesso em: 4 abr. 2014.

BRANDÃO, C. R.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; SANHUDO, C. E. D. Taxonomia e filogenia das formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **Formigas-cortadeiras: da biologia ao manejo**. Viçosa, MG: UFV, 2011. v. 1, p. 27-48.

BRASIL. Instrução Normativa n° 42, de 5 de dezembro de 2011. Normas para a realização de pesquisa e experimentação. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 233, p. 4-5, 6 dez. 2011. Seção 1.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 22 dez. 2014.

BURD, M. Foraging behaviour of *Atta cephalotes* (leaf-cutting ants): an examination of two predictions for load selection. **Animal Behaviour**, Amsterdam, v. 60, n. 6, p. 781-788, dez. 2000.

CALDATO, N. et al. Ritmo diário da atividade forrageira de *Atta capiguara* em campo em função das estações seca e úmida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 24., 2012, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2012. Disponível em: <[http://www.seb.org.br/cbe2012/trabalhos/1498/1498\\_2.pdf](http://www.seb.org.br/cbe2012/trabalhos/1498/1498_2.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2014.

CERQUEIRA, V. M. **Avaliação do período diário e sazonal da atividade de *Atta sexdens* L. (Hymenoptera: Formicidae), em florestas cultivadas**. 2012. 51 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

CHERRETT, J. M. The foraging behaviour of *Atta cephalotes* L. (Hymenoptera, Formicidae). **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 37, n. 2, p. 387-403, June 1968.

COELHO, I. R.; RIBEIRO, S. P. Environment heterogeneity and seasonal effects in ground-dwelling ant (Hymenoptera: Formicidae) assemblages in the Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 19-29, Feb. 2006.

COSTA, A. N. et al. Do herbivores exert top-down effects in neotropical savannas?: estimates of biomass consumption by leaf-cutter ants. **Journal of International Association of Vegetation Science**, Rockville, v. 19, n. 6, p. 849-854, 2008.

CRAWLEY, M. J. **Statistics: an introduction using R**. New York: Wiley, 2005. 327 p.

DADOS climáticos para cidades mundiais. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/>>. Acesso em: 15 dez. 2014.

DELABIE, J. H. C. et al. Distribuição das formigas-cortadeiras *Acromyrmex* e *Atta* no Novo Mundo. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **Formigas cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: UFV, 2011. p. 80-101.

DELLA LUCIA, T. M. C. Hormigas de importancia económica en la región Neotropical. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2033. p. 337-350.

DELLA LUCIA, T. M. C.; FOWLER, H. G.; MOREIRA, D. D. O. Espécies de formigas cortadeiras no Brasil. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1993. p. 26-31.

DELLA LUCIA, T. M. C.; GANDRA, L. C.; GUEDES, R. N. Managing leaf-cutting ants: peculiarities, trends and challenges. **Pest Management Science**, Sussex, v. 70, n. 1, p. 14-23, Oct. 2014.

DELLA LUCIA, T. M. C.; OLIVEIRA, M. A. Forrageamento. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa, MG: UFV, 1993. p. 84-105.

DELLA LUCIA, T. M. C.; SOUZA, D. J. Importância e história de vida das formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **Formigas-cortadeiras: da biologia ao manejo**. Viçosa, MG: UFV, 2011. v. 1, p. 13-26.

DELLA LUCIA, T. M. C.; VILELA, E. F. Métodos atuais de controle e perspectivas. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa, MG: UFV, 1993. p. 163-190.

DUSSTOUR, A. et al. Crowding increases foraging efficiency in the leaf-cutting ant *Atta colombica*. **Insectes Sociaux**, Paris, v. 54, n. 2, p. 158-165, Mar. 2007.

FARJI-BRENER, A. G. Influencia de la estacionalidad sobre los ritmos forrajeros de *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) en una sabana tropical. **Revista de Biología Tropical**, San Jose, v. 41, n. 3, p. 897-899, 1993.

FOREST STEWARDSHIP COUNCIL. **FSC pesticides guidance addendum: list of approved derogations for use of 'highly hazardous' pesticides**. Bonn, 2014. Disponível em: <<https://ic.fsc.org/guidance.335.htm>>. Acesso em: 22 dez. 2014.

FORTI, L. C. et al. Nidificação e arquitetura de ninhos de formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **Formigas cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: UFV, 2011. p. 103-125.

FOWLER, H. G.; ROBINSON, S. W. Foraging by *Atta sexdens* (Formicidae: Attini): seasonal pattern caste and efficiency. **Ecological Entomology**, London, v. 4, p. 239-247, 1979.

GIESEL, A.; BOFF, M. I. C.; BOFF, P. Seasonal activity and foraging preferences of the leaf-cutting ant *Atta sexdens piriventris* (Santschi) (Hymenoptera: Formicidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 42, n. 6, p. 552-557, Sept. 2013.

GONÇALVES, C. R. As formigas cortadeiras. **Boletim do Campo**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 181, p. 7-23, 1964.

GONÇALVES, C. R. O gênero *Acromyrmex* no Brasil (Hymenoptera: Formicidae). **Studia Entomologica**, Petrópolis, v. 4, p. 113-180, 1961.

GONÇALVES, C. R. Saúvas do Sul e do Centro do Brasil. **Boletim Fitossanitário**, Viçosa, MG, v. 2, n. 3/4, p. 183-218, 1945.

GUAJARÁ, M. S.; VILELA, E. F.; JAFFÉ, K. Senses used by *Acromyrmex subterraneus molestans* during homing orientation, under laboratory conditions. In: MEER, R. K. van der; JAFFÉ, K.; CEDEÑO, A. (Ed.). **Applied myrmecology: a world perspective**. Boulder: Westview, 1990. p. 367-372.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants**. Cambridge: Harvard University, 1990. 732 p.

HOWARD, J. J. Costs of trail construction and maintenance in the leaf-cutting ant *Atta colombica*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, New York, v. 49, n. 5, p. 348-356, Mar. 2001.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBÁ 2014**. São Paulo, 2014. Disponível em: <[http://www.iba.org/shared/iba\\_2014\\_pt.pdf](http://www.iba.org/shared/iba_2014_pt.pdf)>. Acesso em: 18 dez. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Biomas do Brasil**: primeira aproximação. Rio de Janeiro, 2004. 1 mapa, color., 110 x 90cm. Escala 1:5.000.000.

ISERING, R.; NEUMEISTER, L. **Recommendations regarding derogations to use alpha-cypermethrin, deltamethrin, fenitrothion, fipronil and sulfluramid in FSC Certified forests in Brazil**. Disponível em: <[http://www.ipef.br/pccf/arquivos/TA\\_Rec\\_alpha-Cypermethrin-Deltamethrin-Fenitrothion-Fipronil-Sulfluramid\\_BR\\_2010.pdf](http://www.ipef.br/pccf/arquivos/TA_Rec_alpha-Cypermethrin-Deltamethrin-Fenitrothion-Fipronil-Sulfluramid_BR_2010.pdf)>. Acesso em: 15 dez. 2014.

JOFRÉ, L.; MEDINA, A. I. Patrones de actividad forrajera y tamaño de nido de *Acromyrmex lobicornis* (Hymenoptera: Formicidae) en una zona urbana de San Luis, Argentina. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, Buenos Aires, v. 71, n. 1/2, p. 37-44, 2012.

LAMBERT, L. Zero-inflated Poisson regression models with an application to defects in manufacturing. **Technometrics**, Washington, v. 34, n. 1, p. 1-14, 1992.

LEWIS, O. T.; POLLARD, G. V.; DIBLEY, G. C. Micro-environmental factors affecting diel patterns of foraging in the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.) (Formicidae: Attini). **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 43, n. 1, p. 143-153, 1974a.

LEWIS, O. T.; POLLARD, G. V.; DIBLEY, G. C. Rhythmic foraging in the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.) (Formicidae: Attini). **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 43, n. 1, p. 129-141, 1974b.

MARICONI, F. A. M. **As saúvas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1970. 167 p.

MARINHO, C. G. S.; DELLA LUCIA, T. M. C.; PICANÇO, M. C. Fatores que dificultam o controle das formigas-cortadeiras. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 2, p. 18-21, 2006.

MARTINS, T. G. et al. Zero tolerance ecology: improving ecological inference by modeling the source of zero observations. **Ecology Letters**, Oxford, n. 8, n. 11, p. 1235-1246, Oct. 2005.

MATRANGOLO, C. A. R. et al. Crescimento do eucalipto sob efeito de desfolhamento artificial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 9, p. 952-957, set. 2010.

MOREIRA, A. A. et al. Comparação entre parâmetros externos e internos de ninhos de *Atta bisphaerica* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 2, p. 369-373, 2002.

MOREIRA, D. D. O.; ERTHAL JUNIOR, M.; SAMUELS, R. I. Alimentação e digestão em formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **Formigas cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: UFV, 2011. p. 204-225.

NICKELE, M. A. **Dinâmica populacional e ecologia do forrageamento de *Acromyrmex Mayr, 1865* (Hymenoptera: Formicidae)**. 2012. 151 p. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

OLIVEIRA, M. A. et al. Manejo de formigas cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **Formigas cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: UFV, 2011. p. 400-419.

PIMENTA, L. B. et al. Dinâmica de forrageamento e caracterização de colônias de *Acromyrmex balzani* (Emery, 1890) (Hymenoptera: Formicidae) em ambiente de cerrado goiano. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 1, n. 9, 2007. Disponível em: <[http://www.faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/VF1Eg154KnpnO5n\\_2013-4-26-12-5-16.pdf](http://www.faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/VF1Eg154KnpnO5n_2013-4-26-12-5-16.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2014.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: Foundation for Statistical Computing, 2005. 2576 p.

RANDO, J. S. S. **Ocorrência de espécies de *Atta Fabricius, 1804* e *Acromyrmex Mayr, 1865* em algumas regiões do Brasil**. 2002. 105 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2002.

RANDO, J. S. S.; FORTI, L. C. Ocorrência de formigas *Acromyrmex* Mayr, 1865, em alguns municípios do Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 129-133, abr./jun. 2005.

RASBAND, W. S. **ImageJ**. Maryland: U. S. National Institutes of Health, 2014. Disponível em: <<http://imagej.nih.gov/ij/>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

RIBEIRO, M. M. R.; MARINHO, C. G. S. Seleção e forrageamento em formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **Formigas cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: UFV, 2011. p. 189-203.

SCHLINDWEIN, M. N. Dinâmica do ataque de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 sobre a vegetação: uso de manipulação de recursos e armadilha de solo para se estimar o comportamento de forrageamento. **Revista UNIARA**, Araraquara, n. 15, p. 153-166, 2004.

SIMAS, V. R.; COSTA, C. E.; SIMAS, C. A. Principais espécies vegetais herbáceas em locais forrageados e não forrageados por *Atta vollenweideri* Forel, 1893 (Hymenoptera: Formicidae). **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 10, n. 1, p. 95-108, 2003.

SOUZA, A.; ZANETTI, R.; CALEGARIO, N. Nível de dano econômico para formigas-cortadeiras em função do índice de produtividade florestal de eucaliptais em uma região de Mata Atlântica. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 40, n. 4, p. 483-488, ago. 2011.

SOUZA, J. S.; SANTOS, J. F. L.; DELLA LUCIA, T. M. C. Organização social das formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **Formigas cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: UFV, 2011. p. 126-140.

STRADLING, D. J. The influence of size on foraging in the ant, *Atta cephalotes*, and the effect of some plant defence mechanisms. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 47, p. 173-188, 1978.

TONHASCA, A.; BRAGANÇA, M. A. L. Forager size of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae) in a mature eucalyptus forest in Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, San Jose, v. 48, n. 4, p. 983-988, 2000.

URBAS, P. et al. Cutting more from cut forests: edge effects on foraging and herbivory of leaf-cutting ants in Brazil. **Biotropica**, Washington, v. 39, n. 4, p. 489-495, jul. 2007.

VIANA, L. R. et al. Foraging patterns of the leaf-cutter ant *Atta laevigata* (Smith) (Myrmicinae: Attini) in an area of Cerrado vegetation. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 391-393, 2004.

WOLDA, H. Insect sazonality: why? **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, Palo Alto, v. 19, p. 1-18, 1988.

ZANETTI, R. et al. Level of economic damage for leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in Eucalyptus plantations in Brazil. **Sociobiology**, Chicago, v. 42, n. 2, p. 433-442, 2003.