

COMPORTAMENTO DE FORRAGEAMENTO DA FORMIGA *Atta*  
*robusta* BORGMEIER 1939 (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)

**FABÍOLA BONICENHA ENDRINGER**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
FEVEREIRO – 2011

COMPORTAMENTO DE FORRAGEAMENTO DA FORMIGA *Atta  
robusta* BORGMEIER 1939 (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)

**FABÍOLA BONICENHA ENDRINGER**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Ana Maria Matoso Viana Bailez

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
FEVEREIRO – 2011

COMPORTAMENTO DE FORRAGEAMENTO DA FORMIGA *Atta robusta* BORGMEIER 1939 (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)

**FABÍOLA BONICENHA ENDRINGER**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.”

Aprovada em 21 de fevereiro de 2011

Comissão Examinadora:

---

“Denise Dolores Oliveira Moreira (D. S., Produção Vegetal) - UENF”

---

“Prof. Omar Eduardo Bailez (D. S., Biologia do comportamento) - UENF”

---

“Prof. Marcos da Cunha Teixeira (D. S. Entomologia) - UFRB”

---

“Prof.<sup>a</sup> Ana Maria M. Viana Bailez (D. S., Biologia do comportamento) - UENF”  
(Orientadora)

Aos meus pais, Genildo Grassi Endringer e Auziliadora Bonicenha Endringer,  
por todos os ensinamentos, amor e incentivo nos meus estudos.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por mais uma etapa cumprida;

Aos meus pais Genoildo Grassi Endringer e Auziliadora Bonicenha Endringer pelo apoio sempre na minha vida;

Às minhas irmãs Gabriela e Raquel pela amizade e incentivo nas minhas realizações;

À minha orientadora Ana Maria Matoso Viana Bailez e ao co-orientador Omar Bailez, pela amizade e preciosa contribuição em minha formação;

Ao CNPq pela bolsa concedida e a UENF pela oportunidade da realização deste curso;

Aos membros da Banca Examinadora pelas contribuições do manuscrito;

A Victor, Hildefonso, Alexandre, Shênia, Gabriela, Thayana, Jéssica, Gustavo, Karla, Marcelita, Arli, Denise, Omar e Ana, pelas contribuições do trabalho de campo;

Aos amigos do Laboratório de Entomologia e Fitopatologia pelas ajudas em todas as etapas deste estudo;

Ao professor Richard Ian Samuels por conceder a balança de precisão nos períodos depois do trabalho de campo;

Ao professor Marcelo Trindade Nascimento e aos seus estagiários, Tatiane, Yrexam e Raphael pela contribuição no preparo das exsicatas e identificação do material vegetal;

Ao professor Ricardo Garcia por emprestar o GPS para o trabalho de campo;

Ao conselheiro Marcos da Cunha Teixeira pelo incentivo e pelas idéias iniciais desse estudo;

Às amigas de república Bruna e Graciane pela companhia e conversas;

A José Henrique, Marcos, Iracenir e Carla pela contribuição inicial e minha chegada nesta fase;

A toda minha família pelo apoio nesta minha fase;

Aos professores e aos colegas do programa de Pós- Graduação em Produção Vegetal pela amizade, descontrações e apoio em minha formação;

Aos amigos do Setor “Semioquímicos” pela amizade e alegria de estarmos juntos na pesquisa, no trabalho de campo, nas reuniões, na hora do cafezinho e nos churrascos é claro;

A todas as pessoas que de alguma forma colaboraram nesta etapa da minha vida.

## SUMÁRIO

Resumo .....	vi
Abstract .....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	04
2.1. Formigas cortadeiras.....	04
2.2. <i>Atta robusta</i> .....	06
2.3. Alimentação das formigas cortadeiras .....	09
2.4. Forrageamento.....	10
2.5. Restinga .....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	16
3. TRABALHOS.....	23
3.1. Recursos usados por <i>Atta robusta</i> (Hymenoptera: Formicidae) na restinga do Complexo Lagunar Grussaí/Iquipari-Rj. ....	23
3.1.1. Resumo .....	23
3.1.2. Abstract .....	24
3.1.3. Introdução .....	24
3.1.4. Material e Métodos.....	26
3.1.5. Resultados .....	30
3.1.6. Discussão.....	41
3.1.7. Conclusões.....	45
3.1.8. Referências Bibliográficas .....	46
3.2. Capacidade de carga das distintas classes de operárias de <i>Atta robusta</i> (Hymenoptera: Formicidae) no forrageamento. ....	50
3.2.1. Resumo .....	50
3.2.2. Abstract .....	50

3.2.3. Introdução .....	51
3.2.4. Material e Métodos.....	53
3.2.5. Resultados .....	55
3.2.6. Discussão.....	60
3.2.7. Conclusões.....	63
3.2.8. Referências Bibliográficas .....	64

## RESUMO

ENDRINGER, Fabíola Bonicenha; Ms. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, fevereiro de 2010; COMPORTAMENTO DE FORRAGEAMENTO DA FORMIGA *Atta robusta* BORGMEIER 1939 (HYMENOPTERA: FORMICIDAE), Orientadora: Ana Maria Matoso Viana Bailez; Co-orientador: Omar Eduardo Bailez e Conselheiro: Marcos da Cunha Teixeira.

Aspectos do comportamento de forrageamento da formiga *Atta robusta* Borgmeier, 1939, é o tema desta dissertação. Verificaram-se quais plantas são utilizadas pelas operárias e qual o tipo de recurso é transportado para o ninho ao longo de um ano. Também foi estudado como ocorre o corte desse material e seu transporte para o ninho pelas forrageadoras. Os estudos foram conduzidos no período de outubro de 2009 a setembro de 2010 na restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari, município de São João da Barra, norte do estado do Rio de Janeiro. Coletas mensais de formigas foram realizadas sobre as trilhas de quatro formigueiros. Coletou-se 100 formigas por ninho com suas respectivas cargas que foram individualizadas em vidros de Duran. As plantas que as formigas cortavam foram fotografadas e partes vegetais foram coletadas para identificação. No laboratório foi medida a massa da carga

transportada e a massa de cada formiga, também foi medida a largura da cápsula cefálica. Em campo foram feitas observações diretas e indiretas (com auxílio de uma filmadora) para descrever as estratégias de forrageamento. As cargas transportadas pelas operárias foram classificadas em: folhas, folhas secas, flores, cladódio, frutos, sementes, pedúnculos, brotos, outros e indefinido (material não identificado). Verificou-se que, *Atta robusta* interage com 32 taxons de plantas ao longo de um ano, e que o material vegetal mais transportado foi folha e em menor proporção folha seca, flor, cladódio, fruto e semente. Duas estratégias de forrageamento foram identificadas de acordo com o material vegetal coletado. Nas plantas *Cereus fernambucensis* Lem. e *Cynodon cf. dactylon* (L.) Pers. as formigas fazem o “transporte individual”, ou seja, as operárias médias escalam a planta, cortam os fragmentos vegetais e logo os transportam ao ninho. Sobre outras plantas como *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Eugenia uniflora* L. e *Hydrocotyle umbellata* L. as formigas fazem o “transporte em cadeia”, ou seja, operárias médias escalam a planta, cortam as folhas ou flores e as deixam cair no solo, outras operárias médias cortam as folhas ou flores em fragmentos menores e os transportam para o ninho. Nesse caso ocorre uma divisão de tarefas no corte e no transporte do recurso. Ao relacionar o tamanho da cápsula cefálica com a massa da carga forrageada por *Atta robusta* não houve diferença significativa na massa da carga transportada entre a classe 3 (cápsula cefálica de 3 a 4 mm) e a classe 4 (cápsula cefálica de 4 a 5 mm), ( $p > 0,05$ ). Entretanto, as classes 1 (cápsula cefálica de 1 a 2 mm), 2 (cápsula cefálica de 2 a 3 mm) e 5 (cápsula cefálica de 5 a 6 mm) transportaram cargas de massas diferentes. Foi também verificado uma especialização no transporte com classes de operárias 3, 4 e 5 transportando mais frutos e sementes que outros recursos. As operárias máximas além de participar na defesa da colônia, efetuaram o corte de cladódio e transportaram frutos e sementes. Este estudo contribuiu para um melhor conhecimento do comportamento desta formiga. A multiplicidade de interações que esta espécie tem com várias espécies vegetais da restinga, ressalta a sua importância na elaboração de programas de manejo e conservação deste ecossistema.

## ABSTRACT

ENDRINGER, Fabíola Bonicenha; Ms. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, february 2010; FORAGING BEHAVIOR OF THE ANT *Atta robusta* BORGMEIER 1939 (HYMENOPTERA: FORMICIDAE), Advisor: Ana Maria Viana Matoso Bailez; Commitee members: Omar Eduardo Bailez and Marcos da Cunha Teixeira.

The aim of this work was elucidate aspects of foraging behavior of the ant *Atta robusta* Borgmeier, 1939. Plant species foraged by this ant along a year and foraging strategies of cutting and transporting were determined. Studies were carried out from October 2009 to September 2010 in a restinga ecosystem from Grussaí/Iquipari complex, São João da Barra, north of Rio de Janeiro state. Monthly we sampled ants from trails of four nests previously selected by their size and activity level. One hundred foragers with their charges were captured from the trails, placed individually ina glass Duran and then taken to the laboratory. Plants foraged by the ants in the time of collecting were photographed and leaves, fruits or flowers were sample for later identification. In the laboratory load and ant mass were weighed and ant head capsule were measured. Ant foraging activities were observed focusing activity of several individuals in different plant species. Observations were made directly or helped by tapes made with a camcorder. Ants transported to the nest leaves, dried leaves, flowers and cladodes, fruits, seeds, stems, buds, resin and indetermined materials. *Atta robusta* can exploit along a year 32 plants taxa. The kind of material more transported were leaves and then dried leaves, flowers, cladodes, fruits and seeds. Two foraging strategies were identified

according the number of ants participating in cutting and transport of vegetal material. When ants foraged *Cereus fernambucensis* Lem. and *Cynodon cf. dactylon* (L.) Pers. we determined a "individual strategy". In this case foragers climbs on the plant, cut vegetal material and transport it into the nest. On other plants as *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Eugenia uniflora* L. and *Hydrocotyle umbellata* L. we verify a "group strategy" with task division. In this case one ant climbed the plant, cut vegetal material, let it drop on the floor then other foragers cut again this material in smaller fragments and transport them to the nest. Ants with widest head capsule transported heaviest loads and specialization in load transport was detected. Foragers with head capsule higher than 3 mm of width transported more fruits and seeds than the other ants. The majors workers were also act specialist cutting cladodes and loading fruits and seeds. This study allow a better understanding of *Atta robusta* behavior and the multiplicity of interactions of this ant with many vegetal species of restinga, showing its importance for developing management and conservation program of this ecosystem.

## 1. INTRODUÇÃO

As formigas são insetos abundantes na maioria dos ecossistemas terrestres, sendo um dos grupos mais bem sucedidos (Wilson, 1971). Dentro da tribo Attini, o gênero *Atta*, conhecido popularmente como saúva possui grande importância ecológica e econômica devido à atividade de cortar folhas, flores e frutos (Fowler et al., 1989; Boaretto e Forti, 1997). O material vegetal cortado é transportado pelas operárias para o interior de seus ninhos subterrâneos e usado para cultivar o fungo simbiote que serve de alimento, principalmente para as larvas da colônia (Hölldobler e Wilson, 1990).

A exploração de um recurso alimentar pelas formigas cortadeiras envolve a seleção, corte e transporte do material vegetal para o ninho (Della Lucia e Oliveira, 1993). 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).

As saúvas utilizam uma ampla área de forrageamento, cortando grande diversidade de espécies vegetais, as trilhas podem chegar até 400 metros de comprimento e 20 cm de largura, durante o corte das plantas (Cherrett, 1968; Lima et al., 2001). Geralmente, a intensa atividade de forrageamento ocorre à noite, mas também pode acontecer durante o dia, principalmente pela manhã. São insetos seletivos quanto ao corte das plantas, preferem as partes jovens e macias, como folhas novas, brotos e flores (Lima et al., 2001).

As formigas do gênero *Atta* apresentam um complexo comportamento na escolha do recurso e a coleta dos substratos para o cultivo do fungo do qual se

alimentam. As operárias, após identificar uma fonte, realizam imediatamente sua exploração. A exploração de plantas mais próximas ao ninho pode ser uma consequência da minimização do gasto energético (Schlindwein, 2004).

Depois que operárias detectam uma fonte alimentar, elas recrutam as companheiras do ninho (Wilson, 1971). As operárias exploradoras de *Atta sexdens rubropilosa* 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).

Nos estudos sobre a capacidade de forrageamento das saúvas, um padrão normalmente descrito é a proporcionalidade entre o tamanho da carga e a massa corporal da operária (Cherrett, 1972). Vários estudos baseiam-se no forrageamento de folhas, embora os frutos e sementes representem uma parcela significativa de recurso para as saúvas (Fowler, 1995; Leal e Oliveira, 1998). Estudos comportamentais e ecológicos de forrageamento das saúvas são importantes para entender como ocorre a dispersão de sementes no ambiente por essas formigas.

Nos ecossistemas de restingas, a única representante de saúva registrada é *Atta robusta* Borgmeier 1939, que forrageia grande quantidade de frutos e sementes de vários tamanhos e espécies para seus ninhos (Teixeira et al., 2003). De acordo com Teixeira (2007), as operárias máximas dessa espécie também são responsáveis pela movimentação de sementes de diversas espécies de plantas da restinga e, por isso, devem desempenhar um papel importante no ecossistema, além da defesa da colônia.

Aparentemente *A. robusta* é endêmica das restingas dos estados do Rio de Janeiro (Fowler, 1995) e Espírito Santo (Teixeira et al., 2003). Teixeira e Schoereder (2003) sugeriram que essa espécie de formiga tenha surgido nestas restingas e estaria restrita à faixa do litoral brasileiro denominado Terciário Oriental Úmido, compreendida entre o Sul do Estado do Rio de Janeiro até o Recôncavo Baiano (Silveira, 1964). Barreiras geográficas e ecológicas teriam impedido a dispersão da espécie a outros ambientes. Ao sul do litoral terciário oriental úmido o limite físico é a Serra do Mar. Esta grande barreira interrompe a ligação entre os sistemas de restinga e pode impedir a dispersão das fêmeas aladas durante a revoada (Teixeira et al., 2003).

Fowler (1995) sugeriu que as populações de *A. robusta* da Baixada Fluminense não estão se renovando devido às modificações ambientais antrópicas. É provável que isso esteja ocorrendo, pois as colônias dependem da cobertura vegetal da restinga para forragear e para manter a temperatura e a umidade necessárias para o cultivo do fungo simbiote. Associado ao endemismo esses ambientes de restinga sofrem grande degradação pelo homem, justificou-se, então, a inclusão de *A. robusta* na lista oficial de espécies brasileiras ameaçadas de extinção (Teixeira e Schoereder, 2003).

Uma vez que existem poucos estudos com essa *Attini* este trabalho teve como finalidade esclarecer alguns aspectos do forrageamento dessa formiga. Os resultados desse estudo estão apresentados em dois artigos. O primeiro objetiva esclarecer quais plantas e partes delas são utilizadas por *A. robusta* ao longo de um ano e qual estratégia as operárias usam no corte e transporte desse material vegetal para o ninho. O segundo artigo procurou esclarecer como as distintas classes de operárias participam no transporte dos recursos, se a massa da carga das formigas está correlacionada com o tamanho da cápsula cefálica e se ocorre uma especialização no transporte dos distintos recursos segundo o tamanho da operária.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Formigas cortadeiras

As formigas são consideradas insetos eusociais, ou seja, constituem colônias de indivíduos que apresentam a divisão de trabalho entre as castas reprodutivas e estéreis, o cuidado cooperativo com a prole e sobreposição de gerações de adultos no mesmo ninho (Hölldobler e Wilson, 1990). São insetos abundantes na maioria dos ecossistemas terrestres (Wilson, 1971). Pertencem à ordem Hymenoptera, assim como as vespas e abelhas que se distribuem em várias famílias. Enquanto que as formigas estão todas agrupadas em uma única família, Formicidae (Hölldobler e Wilson, 1990). Esta família contém 21 subfamílias, sendo a de maior agrupamento a subfamília Myrmicinae, onde se encontra a tribo Attini (Bolton, 2003).

A tribo Attini compreende as formigas conhecidas como cortadeiras que se agrupam nos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*. Estes gêneros são os mais derivados da tribo Attini. Essas formigas cultivam seu fungo simbiote sobre material vegetal fresco, principalmente folhas, o que as tornam conhecidas como formigas

cortadeiras. Outros gêneros basais dentro da tribo também cultivam fungo, mas não são exclusivamente cortadoras de folhas: *Apterostigma*, *Cyphomyrmex*, *Mycetophylax*, *Mycocepurus*, *Myrmicocrypta*, *Mycetosoritis*, *Mycetarotes*, *Sericomyrmex*, *Trachymyrmex*, *Pseudoatta* (= *Acromyrmex*) (Della Lucia, 2003) e *Mycetagroicus* (Brandão e Mayhé-Nunes, 2001). Esses gêneros coletam uma série de materiais, como fezes de insetos, cadáveres de insetos como de coleópteros e partes de vegetais secos para cultivar o fungo simbiote (Leal e Oliveira, 2000).

Dentro da tribo Attini, o gênero *Atta* (Hymenoptera: Formicidae) pode ser encontrado desde o sul dos Estados Unidos (latitude 33° N) ao centro da Argentina (latitude 33° S) (Mikheyev et al., 2006). Esse gênero possui maior concentração de espécies na região subtropical da América do Sul (Fowler e Claver, 1991). As formigas cortadeiras do gênero *Atta*, conhecidas popularmente no Brasil como saúvas, são consideradas insetos de grande impacto econômico e ecológico devido à sua atividade de cortar grande quantidade de folhas, flores e frutos (Fowler et al., 1989). O material vegetal cortado é transportado pelas operárias para o interior de seus ninhos subterrâneos e usado para cultivar o fungo simbiote que serve de alimento para a colônia (Hölldobler e Wilson, 1990).

Essas formigas são associadas positivamente a processos ecológicos importantes como a regeneração de florestas (Vasconcelos e Cherret, 1997), pois aceleram os processos de decomposição de vegetais e participam na fragmentação da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e dispersão de sementes (Lugo et al., 1973; Hölldobler e Wilson, 1990; Moutinho et al., 2003; Teixeira, 2007). Um ninho pode retirar por ano do subsolo até 160 litros de terra para a superfície (Forti, 1985 *apud* Castellani et al., 2010). Além disso, muitas espécies destas formigas representam algumas das principais pragas da agricultura e silvicultura da região Neotropical (Fowler et al., 1989). No Brasil estas formigas têm destaque, pois das 15 espécies de *Atta* catalogadas, 9 ocorrem no país, sendo que 5 têm importância econômica (Della Lucia, 2003).

As saúvas são consideradas herbívoros dominantes da região Neotropical. Estima-se que somente as espécies de *Atta* são responsáveis pelo corte de aproximadamente 15% das folhas produzidas nas florestas tropicais da América (Hölldobler e Wilson, 1990; Wilson, 1980). Uma colônia adulta de *Atta sexdens*

*rubropilosa* pode desfolhar uma árvore em menos de 24 horas e consumir até uma tonelada de folhas por ano (Attygalle e Morgan, 1985).

Nesse gênero, os indivíduos apresentam polimorfismo e são classificados em castas de acordo com as funções específicas que exercem dentro da colônia. As castas são divididas em permanentes, ou seja, aquelas que estão sempre presentes na colônia, e as temporárias, que se encontram na colônia em uma determinada época do ano, no período de revoada (Hölldobler e Wilson, 1990; Lima et al., 2001).

## **2.2. *Atta robusta***

A formiga *A. robusta*, também conhecida como saúva-preta, possui uma distribuição geográfica restrita comparada com outras espécies de *Atta*. Essa espécie foi descrita com base nos espécimes coletados em diversas localidades do litoral do estado do Rio de Janeiro. Mariconi (1970) indicou sua ocorrência para o Rio de Janeiro e Guanabara. Gonçalves e Nunes (1984) registraram sua ocorrência nas restingas do Rio de Janeiro, desde São João da Barra até a Marambaia, enquanto Fowler (1995) indicou seu endemismo para a Baixada Fluminense. Com uma revisão bibliográfica, museográfica e diversas incursões ao campo Teixeira et al., (2003) sugeriram o endemismo de *A. robusta*, para as restingas que ocorrem desde o Sul do Rio de Janeiro até o Norte do Espírito Santo (Figura 1).

Teixeira e Schoereder (2003) sugeriram que *A. robusta* pode estar restrita aos ambientes de restingas limitados à faixa do litoral brasileiro denominado litoral terciário oriental úmido, compreendida entre o Sul do Estado do Rio de Janeiro até o Recôncavo Baiano (Silveira, 1964). Esse trecho difere do restante do litoral brasileiro por apresentar clima úmido, planícies largas de solo arenoso e vegetação de restinga (Silveira, 1964). Barreiras físicas e fatores ecológicos não teriam permitido a sua dispersão para outros ambientes (Teixeira et al., 2003).

Ao sul do litoral terciário oriental úmido o limite físico é a Serra do Mar. Esta grande barreira interrompe a ligação entre os sistemas de restinga, podendo impedir a dispersão das fêmeas aladas durante a revoada. Mariconi (1965) estudou a distribuição das saúvas dos municípios litorâneos do Estado de São

Paulo e não registrou a presença de *A. robusta*. Teixeira, M.C. (informações pessoais), não registrou, até o momento, a ocorrência desta espécie nas restingas da região do Recôncavo Baiano.

A barreira geográfica pode explicar porque *A. robusta* possui distribuição limitada, mas não explica sua aparente restrição aos ambientes de restingas. Uma possível explicação para esta questão pode estar nos fatores históricos envolvidos na evolução das restingas e na filogenia do gênero *Atta*, ainda pouco conhecida (Teixeira et al., 2008). Já que até o momento, não existem registros de *A. robusta* fora das restingas, Teixeira e Schoereder (2003) sugerem que esta espécie adquiriu requerimentos ecológicos tão específicos destes ambientes que provavelmente a Mata Atlântica representa uma barreira à dispersão para o interior do continente.

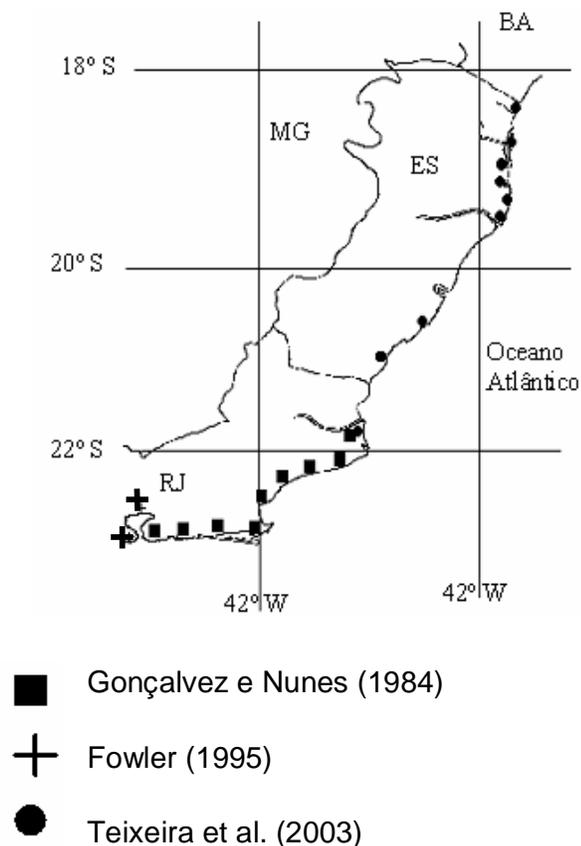


Figura 1 – Distribuição geográfica de *Atta robusta* (Teixeira et al., 2003).

As operárias de *A. robusta* apresentam elevado grau de polimorfismo nas trilhas durante o forrageamento. A operária máxima ou soldado tem em média o comprimento total do corpo de 15 a 16 mm, a largura da cabeça de 6 mm, o gaster de 4 a 4.5 mm. A coloração é parda, mas varia até uma cor mais escurecida. Ocorre a presença de três ocelos e o anterior é muito pequeno. Possui o gaster muito robusto e com fraco brilho nos lados do primeiro tergito, pilosidade mais escassa do que em *A. sexdens* (Borgmeier, 1939).

A saúva-preta constrói seu formigueiro pouco profundo e bastante espalhado comparado com outras espécies de *Atta* e não constrói painelas em terra solta, acima do nível do solo (Della Lucia e Moreira, 1993; Teixeira et al., 2008). Teixeira et al. (2008), com a escavação de ninhos de *A. robusta* constataram que os ninhos localizados mais para o interior do continente possuem sedes com área menor e são mais profundos. Essa observação levou os autores a sugerirem que a profundidade do lençol freático pode ser um fator determinante para a construção dos ninhos (Teixeira et al., 2008). Segundo Mariconi (1965), a ausência desta espécie no litoral do estado de São Paulo, pode ser devido à superficialidade do lençol freático que impede a instalação e desenvolvimento das colônias.

*A. robusta* transporta para o ninho grande quantidade de frutos e sementes de diversas espécies de plantas durante todo o ano. Devido a isso desempenha um importante papel na dispersão de sementes, evento importante na dinâmica dos ecossistemas, pois promove a movimentação das plantas no espaço (Teixeira, 2007). De maneira geral, as saúvas transportam cargas com o peso abaixo de sua capacidade corporal (Lighton et al., 1987; Wetterer, 1990) e as operárias máximas não possuem participação significativa nessa atividade (Wilson, 1980). Porém, Teixeira (2007) constatou no campo uma intensa movimentação de sementes por operárias máximas de *A. robusta*. Embora as sementes transportadas por *A. robusta* sejam menores em relação àquelas deixadas sob a planta-mãe (Valentim et al., 2007), é possível que essa diferença aumente sem a participação das operárias máximas de *A. robusta* (Teixeira, 2007).

Teixeira (2007) observou que sementes de plantas de restingas manipuladas por *A. robusta* possuem menor tempo e maior taxa de germinação. Resultados semelhantes já foram demonstrados com outras espécies de saúvas

(Leal e Oliveira, 1998; Farji-Brenner e Illes, 2000). De maneira geral, esses estudos atribuem o efeito positivo sobre a germinação à redução do ataque de fungos em função da retirada de estruturas que recobrem as sementes pelas formigas.

A partir de dados sobre a estrutura etária dos ninhos Fowler (1995) sugeriu que as populações de *A. robusta* da Baixada Fluminense não estão se renovando podendo ser devido às modificações ambientais antrópicas. A ausência de ninhos de *A. robusta* em áreas com histórico de fogo na restinga da Ilha de Guriri no estado do Espírito Santo (Teixeira et al., 2005) reforça essa hipótese. No entanto, Endringer et al. (2008) registraram a presença de forrageadoras de *A. robusta* em áreas queimadas. Essa espécie de saúva pode ser um elemento potencial no biomonitoramento das restingas e sua extinção pode causar uma redução da biodiversidade da flora no ecossistema de restinga dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo (Fowler, 1995; Teixeira e Schoereder, 2003).

### **2.3. Alimentação das formigas cortadeiras**

A alimentação das formigas é bastante variada, ao contrário de outros insetos sociais. As formigas não diferem somente quanto ao recurso alimentar, mas também apresentam estratégias diferentes para a obtenção, transporte e armazenamento do alimento, os quais muitas vezes podem ser comuns para as espécies de uma única tribo (Wilson, 1980).

As formas imaturas de *Atta* e *Acromyrmex* se alimentam de um fungo cultivado por elas. Já os adultos retiram aproximadamente 91% das suas necessidades nutricionais da seiva liberada das plantas durante o corte e manipulação de folhas frescas (Fowler et al., 1991; Bass e Cherrett, 1995). Silva et al. (2003) questionaram o papel nutricional da seiva na dieta dos adultos e sugerem que as operárias obtêm cerca de 50% de suas necessidades nutricionais lambendo a superfície do fungo a qual é rica em glucose.

Essas formigas exploram grande número de espécies de plantas, por isso são consideradas herbívoros polípagos (Della Lucia e Oliveira, 1993). Segundo Erthal (2004), a polifagia acontece pela simbiose entre as formigas e o fungo, as

operárias depositam enzimas nos materiais vegetais coletados que facilitam a penetração e o crescimento do fungo. O fungo metaboliza o material vegetal, inclusive substâncias tóxicas, à medida que cresce, e este serve de alimento para a colônia, principalmente as larvas.

Para as formigas a taxa de entrada de alimentos líquidos depende da técnica de alimentação e das adaptações de forrageamento de cada espécie. A formiga cortadeira *Atta sexdens* não é especializada em alimento líquido e gastam mais tempo cortando as folhas que ingerindo seiva da planta (Paul e Roces, 2003).

#### **2.4. Forrageamento**

A procura e coleta de um recurso alimentar correspondem a uma seqüência comportamental característica. Existem alguns fatores que podem influenciar a escolha do alimento pela formiga, como por exemplo, a cor, forma, palatabilidade e odor. Em alguns casos o odor específico, como feromônio de trilha, facilita a localização e identificação da fonte alimentar. Operárias forrageiras ao encontrar uma fonte de alimento retornam ao ninho, marcam o local por onde caminham, com um odor típico da sua colônia, que orienta as outras operárias até a fonte. Estas logo retornam ao ninho transportando o alimento e reforçam as marcas químicas na trilha. Assim que termina o forrageamento, as operárias que retornam para o ninho não reforçam a trilha (Vilela e Della Lucia, 1987).

Todos os indivíduos de uma colônia de formigas compartilham o alimento que é levado para o ninho, mas nem todos os indivíduos saem para buscá-lo. As operárias forrageadoras que executam essa tarefa, freqüentemente são as mais velhas e de maior tamanho (Hölldobler e Wilson, 1990).

O comportamento de forrageamento de formigas é um processo complexo, que muitas vezes, para um bom entendimento pode ser estudado a partir do indivíduo, da colônia ou de interação de ambos (Schlindwein, 2004). Devido a isso, vários modelos para estudar estratégias de forrageamento em formigas foram sugeridos. Essas estratégias buscam maximizar a obtenção de recursos (energia) para a colônia (Detrain, 2000).

As formigas geralmente apresentam ninhos espacialmente fixos, assim a coleta de recursos pode ser através da estratégia chamada de forrageamento central em que o material coletado em uma área pode ser transportado e armazenado em outro local, como por exemplo, no ninho (Hölldobler e Wilson, 1990). Neste caso, as formigas forrageadoras se deslocariam a uma longa distância do ninho para obtenção do recurso alimentar e seriam mais seletivas em relação à qualidade e quantidade do recurso recolhido, ou seja, investiriam no ganho energético do recurso adquirido pelo tempo do percurso (Detrain, 2000). Dentro desse modelo, as operárias maximizam tanto o corte quanto o tipo de planta, além de maximizar a razão de carga para o transporte (Della Lucia e Oliveira, 1993). Nos casos em que ocorre polimorfismo as operárias maiores teriam proporcionalmente maior eficiência em termos de retorno energético para compensar o maior gasto na produção destas operárias (Hölldobler e Wilson, 1990).

Outro modelo utilizado para a obtenção dos recursos é o modelo do forrageamento ótimo, que dentro de vários aspectos, mede a eficiência dos indivíduos na procura do alimento. Nesse modelo, recursos maiores ou com grande valor energético devem apresentar preferência, a qual é aumentada com a distância percorrida pela forrageadora (Hölldobler e Wilson, 1990).

Segundo Hölldobler e Wilson (1990), cada espécie possui o seu horário de forrageamento, e quanto maior a distância percorrida pela formiga do ninho ao recurso alimentar, mais seletiva ela deverá ser na escolha do alimento.

Para a espécie de formiga *Atta sexdens rubropilosa* a distância do ninho ao recurso pode ser o fator mais importante para a atividade de corte. Schindwein (2004) constatou que plantas de maior preferência e mais distantes foram cortadas com menor intensidade do que plantas com menor preferência e mais próximas do ninho e dos olheiros.

As formigas cortadeiras utilizam uma ampla área de forrageamento, cortando uma grande diversidade de espécies vegetais (Cherrett, 1986). Quanto ao corte de vegetais preferem partes macias e jovens, como flores e folhas novas, dependendo da espécie, podem preferir cortar monocotiledônea ou dicotiledônea (Lima et al., 2001).

Como exploram grande número de espécies de plantas são consideradas herbívoros polípagos, mas são seletivas e algumas espécies não são atacadas

(Della Lucia e Oliveira, 1993). As formigas cortadeiras selecionam a vegetação que irá maximizar o crescimento do fungo (Detrain, 2000). Della Lucia e Oliveira (1993) citam cinco hipóteses para explicar a preferência ou a rejeição de algumas plantas pelas formigas cortadeiras. A primeira está relacionada com a presença ou ausência de compostos secundários ou aleloquímicos tóxicos às formigas e, ou, ao fungo simbiote. A segunda hipótese está relacionada a compostos secundários que, diminuem a digestibilidade do material vegetal pela formiga ou pelo fungo, como taninos. A terceira hipótese diz sobre necessidades nutricionais específicas do fungo e das formigas, por exemplo, proteínas, carboidratos, lipídios e esteróides. A quarta hipótese associa às propriedades físicas ou mecânicas das plantas, como espessura das folhas, densidade de tricomas, seiva grossa como o látex e dureza, sobretudo, no corte das folhas jovens em relação às velhas. A quinta e última hipótese refere-se que o teor de umidade, ou a quantidade de água nos vegetais, parece estar envolvido nessa seletividade.

O comportamento de forrageamento das formigas cortadeiras consiste na exploração do recurso alimentar em escala quantitativa e qualitativa. Envolve a seleção, corte e transporte do material vegetal para o ninho (Della Lucia e Oliveira, 1993). Durante a atividade de forrageamento as formigas utilizam estratégias para encontrar e utilizar fontes energéticas de nutrientes. Isso resulta na interação de comportamentos individuais das operárias e na construção de trilhas de exploração (Schlindwein, 2004).

As formigas cortadeiras se orientam através de trilhas que são caminhos externos percorridos pelas operárias quando saem à procura de alimento e quando voltam com ele até os olheiros. As trilhas podem chegar até 400 metros de comprimento e 20 centímetros de largura (Della Lucia e Oliveira, 1993). Geralmente, as operárias são muito ativas durante a noite, mas a atividade de forrageamento pode ocorrer durante o dia, principalmente pela manhã. As operárias depositam nas trilhas ferômonios, ou seja, substâncias químicas que servem de orientação para a volta ao ninho depois de forragearem (Lima et al., 2001; Wyatt, 2003). As formigas podem marcar as folhas cortadas com secreções da glândula de Dufour para facilitar o rápido transporte dessas folhas para o ninho (Bradshaw et al., 1986). Além das marcas químicas, elas também se baseiam em outras informações na orientação de retorno ao ninho como os estímulos visuais (Vilela e Della Lucia, 1987).

Em *A. cephalotes*, no início do forrageamento, as operárias forrageadoras são eficientes na exploração de uma fonte de alimento. A exploração individual é reduzida, pois a finalidade é de voltar mais rápido para a colônia e deixar pistas químicas na trilha para recrutar novas companheiras, a quantidade de recrutas aumenta quando a fonte de recursos é abundante (Roces e Hölldobler, 1994).

Durante o corte da planta a espécie de formiga *A. laevigata* apresenta uma distribuição bimodal, ou seja, acontecem picos na busca de alimento durante dois horários, pela manhã e pela tarde, já ao meio-dia ocorre uma queda, pois a alta temperatura diminui a saída das formigas. Um rápido aumento na taxa de forrageamento ocorre depois de chuvas, mas em dias ensolarados ocorre maior coleta de material vegetal do que em dias chuvosos (Vasconcelos e Cherrett, 1996).

Os gêneros *Acromyrmex* e *Atta*, freqüentemente escalam a vegetação para cortar o alimento, nos gêneros primitivos este comportamento é raro, sendo mais comum nos gêneros derivados da tribo Attini (Leal e Oliveira, 2000).

As forrageadoras de *A. cephalotes* cortam folhas frescas, de árvores de grande porte. O grande intervalo de tamanho de forrageadoras permite que indivíduos se especializem em folhas de diferentes espessuras e resistência, como folhas frescas de uma grande variedade de árvores (Cherrett, 1972). Apesar do intervalo de tamanho pequeno das forrageadoras de *Acromyrmex octospinosus*, classificadas como generalistas estas são capazes de cortar e coletar qualquer vegetação desejável encontrada. Porém, espécies de *Acromyrmex* cortam um número menor de tipos de vegetação do que espécies de *Atta*, por apresentar menor polimorfismo (Della Lucia e Oliveira, 1993). Além disso, espécies de *Acromyrmex* podem também remover frutos para seus ninhos durante o forrageamento (Passos e Oliveira, 2004).

Em *A. vollenweideri* a estratégia de forrageamento depende da distância do ninho à planta explorada. As operárias maiores fazem o corte dos fragmentos de grama e as menores os transportam até o ninho. Quando a distância entre o ninho e a planta é maior que 28m ocorre o transporte em cadeias, ou seja, o transporte do fragmento acontece com divisão de tarefas entre duas a cinco operárias até chegar com a carga ao ninho. Entretanto, quando o local da planta explorada está até 10m do ninho, a mesma operária corta e transporta sua própria carga (Röschard e Roces, 2003a). Os fragmentos depois de cortados diretamente

da fonte eram significativamente maiores do que os que prosseguiram na trilha, esses que percorriam a trilha eram cortados mais de uma vez por várias operárias até chegar ao ninho (Röschard e Roces, 2003b).

Quanto ao comportamento de forrageamento da espécie *A. robusta*, Borgmeier em 1939, verificou dois tipos de estratégias de forrageamento em uma única espécie de planta, na primeira estratégia a formiga escala, corta e transporta o material vegetal e na segunda estratégia a formiga escala, corta e deixa cair o fragmento vegetal no solo onde é cortado em pedaços menores antes de ser transportado ao ninho. Por ser uma espécie que ainda não causa danos econômicos existem poucos estudos sobre sua biologia e comportamento (Borgmeier, 1939).

## **2.5. Restinga**

O termo restinga, segundo Sugiyama (1998) representa o conjunto de comunidades vegetais fisionomicamente distinto, sob influência marinha e flúvio-marinha que se distribuem em mosaico e ocorrem em áreas de grande diversidade ecológica.

As restingas são ecossistemas geologicamente recentes (origem Quaternária) e as espécies que as colonizam são principalmente provenientes de outros ecossistemas como Mata Atlântica, Tabuleiros e Caatinga, porém com variações fenotípicas diferentes dos seus ambientes originais (Freire, 1990).

A vegetação de restinga distribui-se pela costa brasileira e representa um ambiente bastante diversificado em fisionomia, florística e estrutura. Atinge maior extensão nos Estados do Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e Espírito Santo e pode ser dividida em dois componentes básicos: mata de restinga e restinga aberta (Henriques et al., 1987).

A mata de restinga possui árvores que podem alcançar até 20 m de altura, bromélias e cactos. No interior da mata, o estrato médio é pouco denso enquanto que nas zonas de transição com formações abertas ficam quase impenetráveis. A área de restinga aberta é caracterizada pela baixa cobertura de vegetação (menos de 20%) e estão distribuídas em agrupamentos vegetacionais, possuindo pequenos arbustos, palmeiras, bromélias, cactos, e intercaladas com áreas

abertas de areia. Além da diferença na quantidade de cobertura vegetal entre as duas fitofisionomias básicas, outra característica distintiva das restingas é a menor riqueza de espécies de plantas, comparada com as matas (Henriques et al., 1987; Assumpção e Nascimento, 2000).

O norte fluminense apresenta ainda áreas de restinga em estado de conservação, como é o caso do complexo lagunar Grussaí/Iquipari. Segundo Assumpção e Nascimento (2000), a restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari (São João da Barra, 21 44'S; 41 02'O) no norte do estado do Rio de Janeiro se divide em quatro unidades fisionômicas: Formação Praial, Formação Praial com Moitas, Formação de *Clusia* e Formação Mata de Restinga. Através do Índice de Valor de Cobertura, foram determinadas as espécies dominantes em cada formação. A composição florística da restinga de São João da Barra parece estar sujeita às influências de formações florestais adjacentes, como a Mata Atlântica de baixada e a Mata de Tabuleiro. Ao longo desse pequeno trecho do litoral brasileiro, evidenciou-se que a similaridade florística da área estudada não ultrapassou 41%, quando comparada com outras restingas nos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo e a proximidade geográfica não representou aumento da similaridade (Assis et al., 2004; Assumpção e Nascimento, 2000).

A restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari pode ser considerada um novo elemento dentro do mosaico formado pelas restingas descritas anteriormente para o Estado do Rio de Janeiro, devido à ausência de dunas e à grande extensão da formação de praia (Assumpção e Nascimento 1998).

Nesse complexo constatou-se que o último grande desmatamento na área ocorreu a 25 anos, depois desse impacto ambiental a vegetação está em processo de sucessão. Próximo da área de restinga observa-se impactos mais recentes, tais como a remoção de vegetação nativa para instalação de loteamentos, o trânsito de automóveis na areia e a utilização da vegetação nativa para o pastoreio de bovinos e caprinos. Embora protegido por unidades de conservação, esses ambientes estão sendo ameaçados principalmente pela especulação imobiliária e extração de areia (Assumpção e Nascimento, 2000).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assis, A.M., Thomaz, L.D., Oberdan, J.P, (2004) Florística de um trecho de floresta de restinga no município de Guarapari, Espírito Santo, Brasil. *Acta bot. bras.*, 18:191-201.

Assumpção, J., Nascimento, M.T. (1998) Fitofisionomia de uma restinga no extremo norte do litoral fluminense: um novo elemento no mosaico? *Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros*, São Paulo, ACIESP, v. 3, p. 158-164.

Assumpção, J., Nascimento, M.T. (2000) Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de Restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 14:301-315.

Attygalle, A.B., Morgan, E.D. (1985) Ant Trail Pheromones. *Advances in Insect Physiology*, v. 18, p.1-30.

Bass, M., Cherrett, J.M. (1995) Fungal hyphae as a source of nutrients for the leaf-cutting ant *Atta sexdens*. *Physiol. Entomol.* 20:1-6.

Boaretto, M.A.C., Forti, L.C. (1997). Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. Série técnica IPEF, São Paulo, v. 11, n. 30, p. 31-46.

Bolton, B. (2003) Synopsis and classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomol. Inst.* 71:1-370.

Borgmeier, T. (1939) Nova contribuição para o conhecimento das formigas neotropicais. *Rev. Entomol.* 10:403-428.

Brandão, C.R.F., Mayhé-Nunes, A. (2001). A new fungus-growing ant genus *Mycetagroicus* gen. n., with the description of three new species and comments on the monophyly of the Attini (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology, Palo Alto*. 38 (3B): 639-665.

Bradshaw, J.W.S., Howse, P.E., Baker, R. (1986) A novel autostimulatory pheromone regulating transport of leaves in *Atta cephalotes*. *Animal Behavior*, 34:234-240.

Castellani, M.A., Forti, L.C., Moreira, A.A., Andrade, A.P.P., Raetano, C.G., Lima, J.M., Nagamoto, N.S. (2010) Selectivity of Workers of the Grass-cutting Ants *Atta bisphaerica* and *Atta capiguara* (Hymenoptera: Formicidae) to Vegetable Oils. *Sociobiology*, 55:1-17.

Cherrett, J.M. (1968) The foraging behaviour of *Atta cephalotes* L. (Hymenoptera, Formicidae): I. Foraging patterns and plant species attacked in tropical rain forest. *Journal of Animal Ecology*, 37:387-403.

Cherrett, J. M. (1986) History of the leaf-cutting ant problem. *In*: Lofgren, C.S., Vader Meer, R.K. (eds.). Fire ants e leaf-cutting ants: biology and management. Boulder: Westview Press, p. 10-17.

Cherrett, J.M. (1972) Some Factors Involved in the Selection of Vegetable Substrate by *Atta cephalotes* (L.) (Hymenoptera: Formicidae) in Tropical Rain Forest. *Journal of Animal Ecology*, 41:647-660.

Della Lucia, T.M.C., Moreira, D.D.O. (1993) Caracterização dos ninhos. *In*: Della Lucia, T.M.C. (ed.). *As formigas cortadeiras*, p. 32-42. Ed. Folha de Viçosa, 262p.

Della Lucia, T.M.C., Oliveira, P.S. (1993) Forrageamento. *In*: Della Lucia, T.M.C. (ed.). *As formigas cortadeiras*, p. 84-105. Ed. Folha de Viçosa, 262p.

Della Lucia, T.M.C. (2003). Hormigas de importancia económica en la region neotropical. *In*: Fernando Fernandez. (org.) Introducción a las hormigas de la region neotropical. bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biologicos Alexander Von Humboldt. 1:337-349.

Detrain, C., Tasse, O., Versaen, M., Pasteels, J.M. (2000) A field assessment of optimal foraging in ants: trail patterns and seed retrieval by the European harvester ant *Messor barbarus*. *Insectes Sociaux*, 47:56–62.

Endringer, F.B., Santos, I.A., Teixeira, M.C., Schoereder, J.H. (2008) Ant species richness in Sand Dune environments following burning (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 51:415-423.

Erthal, M.J. (2004) Enzimas digestivas presentes no intestino da formiga cortadeira *Acromyrmex subterraneus* Forel, 1893 (Hymenoptera: Formicidae) e no seu fungo mutualístico. Tese apresentada para a obtenção do titulo de Doutor em Produção Vegetal. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro. 138p.

Farji-Brenner, A.J., Illes, A.E. (2000) Do leaf-cutting ant nests make “bottom-up” gaps in Neotropical rain forests? A critical review of the evidence. *Ecology Letters*, 3:219-227.

Fowler, H.G. (1995) The population status of the endangered Brazilian endemic leaf-cutting ant *Atta robusta* (Hymenoptera: Formicidae). *Biological Conservation*, 74:147-150.

Fowler, H.G., Claver, S. (1991) Leaf-cutter ant assemblies: effects of latitude, vegetation, and behaviour. *In*: Huxley, C.R., Cutler, D.F. (eds.). *Ant-plant interactions*. Oxford: Oxford University Press, p. 51-59.

Fowler, H.G., Forti, L.C., Brandão, C.R.F., Delabie, J.H.C., Vasconcelos, H.L. (1991). Ecologia nutricional de formigas. *In*: Pannizi, A.R., Parra, J.R.P. (eds.).

*Ecologia nutricional dos insetos e suas implicações no manejo de pragas.* São Paulo: Manole. 360p.

Fowler, H.G., Pagani, M.I., Silva, O.A., Forti, L.C., Silva V.P., Vasconcelos, H.L. (1989) A pest is a pest is a pest? The dilemma of Neotropical leaf-cutting ants: keystone taxa of natural ecosystems. *Environ. Manag.* 13: 671-675.

Freire, M.S.B. (1990) Levantamento florístico do Parque Estadual das Dunas de Natal. *Acta Botânica Brasileira*, 4:41-59.

Gonçalves, C.R., Nunes, A.M. (1984). Formigas das praias e restingas do Brasil. *In: Lacerda, L.D., Araújo, D.S.D., Cerqueira R., Turcq, E.B. (eds.). Restingas: Origem, estruturas e processos.* Universidade Federal Fluminense. 373-378.

Henriques, R.P.B., Araújo, D.S.D., Hay, J.D. (1987) Descrição e classificação dos tipos de vegetação da restinga de Carapebus, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Botânica*, 2:173-189.

Hölldobler, B., Wilson, E.O. (1990) The ants. The Belknap Press of Harvard University, Cambridge, Massachusetts. 732 p.

Leal, I.P., Oliveira, P.S. (1998) Interactions between fungus-growing ants (Attini), fruits and seeds in cerrado vegetation in Southeast Brazil. *Biotropica*, 30:70-178.

Leal, I.R., Oliveira, P.S. (2000) Foraging ecology of attine ants in a Neotropical savanna: seasonal use of fungal substrate in the cerrado vegetation of Brazil *Insectes Sociaux*, 47:376–382.

Lighton, J.B.R., Bartholomew, G.A., Feener Jr, D.H. (1987) Energetics of locomotion and load carriage and a model of the energy cost of foraging in the leaf-cutting ant, *Atta colombica*. *Guer. Physiological Zoology*, 60:524-537.

Lima, C.A., Della Lucia, T.M.C., Silva, N.A. (2001) Formigas cortadeiras biologia e controle. Boletim de Extensão da Universidade Federal de Viçosa. N° 44, 28 p.

Lugo, A.E., Farnsworth, E.G., Pool, D., Jerez, P., Kaufman, G. (1973) The impact of the leaf cutter ant *Atta colombica* on the energy flow of a tropical wet forest. *Ecology*, 54:1292-1301.

Mariconi, F.A.M. (1965) Aspectos ecológicos e bionômicos das saúvas da região oriental do Estado de São Paulo. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 22: 213-232.

Mariconi, F.A.M. (1970) As saúvas. Agronômica Ceres, São Paulo, 167p.

Mikheyev, A.S., Mueller, U., Abbot, P. (2006) Cryptic sex and many-to-one coevolution in the fungus-growing ant symbiosis. *Proceedings of national Academic of science*, 103: 10702-10706.

Moutinho, P., Nepstad, D.C., Davidson, E.A. (2003) Influence of leaf-cutting ant nests on secondary forest growth and soil properties in Amazonia. *Ecology*, 84: 1265-1276.

Passos, L., Oliveira, P.S. (2004) Interaction between ants and fruits of Guapira opposite (Nyctaginaceae) in a Brazilian sandy plain rainforest: ant effects on seeds and seedlings. *Oecologia*, 139: 376-382.

Paul, J., Roces, F. (2003) Fluid intake rates in ants correlate with their feeding habits. *Journal of Insect Physiology*, 49:347-357.

Roces, F., Hölldobler, B. (1994) Leaf density and a trade-off between load-size selection and recruitment behavior in the ant *Atta cephalotes*. *Oecologia*, 97:1-8.

Röschard, J., Roces, F. (2003a) Cutters, carriers and transport chains: Distance-dependent foraging strategies in the grass-cutting ant *Atta vollenweideri*. *Insectes Sociaux*, 50:237-244.

Röschard J., Roces, F. (2003b) Fragment-size determination and size-matching in the grass-cutting ant *Atta vollenweideri* depend on the distance from the nest. *Journal of Tropical Ecology*, 19:647-653.

Sch lindwein, M.N. (2004) 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*, 15: 153-166.

Silva A., Bacci Jr. M., Siqueira C.G. de, Bueno O.C., Pagnocca F.C., Hebling M.J.A. (2003) Survival of *Atta sexdens* workers on different food sources. *J. Insect. Physiol.* 49:307-313.

Silveira, J.D. (1964) Brasil: a terra e o homem. Editora Nacional, São Paulo.

Sugiyama, M. (1998) Estudo de florestas da restinga da Ilha do Cardoso, Cananéia, São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Botânica*, n.11, p. 119-159.

Teixeira, M.C. (2007) Dispersão de sementes por *Atta robusta* Borgmeier 1939 (Hymenoptera: Formicidae) na restinga da Ilha de Guriri. Tese (Doutorado em Entomologia) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 72p.

Teixeira, M.C., Schoederer, J.H. (2003) The effect of plant cover on *Atta robusta*: (Hymenoptera: Formicidae) distribution in restinga vegetation. *Sociobiology*, 41:615-623.

Teixeira, M.C., Schoederer, J.H., Mayhé-Nunes, A.J. (2003) Geographic distribution of *Atta robusta* Borgmeier (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology*, 32:719-721.

Teixeira, M.C., Schoederer, J.H., Nascimento, J.T., Louzada, J.N.C. (2005). Response of ant communities to sand dune vegetation burning in Brazil (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 45:631-641.

Teixeira, M.C., Santos, I.A., Schoederer, J.H. (2008) *Atta robusta*: endemismo, extinção ou ausência de estudos? *In*: Vilela, E.F., Santos, I.A., Schoederer, J.H., Serrão, J.E., Campos, L.A.O., Lino-Neto, J. (eds.) *Insetos Sociais da Biologia à Aplicação*. Viçosa: editora UFV, p. 359-367.

Valentim, C.L., Mota-Andrade, J.V., Teixeira, M.C. Schoederer, J.H. (2007) Do *Atta robusta* (Hymenoptera: Formicidae) Ants Prefer Small Seeds? *Sociobiology*, 50:1-7.

Vasconcelos, H.L., Cherrett, J.M. (1996) The effect of wilting on the selection of leaves by the leaf – cutting ant *Atta laevigata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 78:215-220.

Vasconcelos, H.L., Cherrett, J.M. (1997) Leaf-cutting ants and early forest regeneration in central Amazonia: effects of herbivory on tree seeding establishment. *J. Trop. Ecol.* 13:357-370.

Vilela, E.F., Della Lucia, T.M.C. (1987) Ferômonios de insetos; biologia, química e emprego no manejo de pragas. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa. 155p.

Wetterer, J.K. (1990) Load size determination in the leaf-cutting ant, *Atta cephalotes*. *Behavioral Ecology*, 1:95-101.

Wilson, E.O. (1971) *The insects societies*. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 548 p.

Wilson, E.O. (1980) Caste and division of labor in leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae: *Atta*) - I. The overall pattern in *A. sexdens*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 7:143-156.

Wyatt, T.D. (2003) *Pheromones and Animal Behaviour Communication by Smell and Taste*. University of Oxford, Cambridge University Press, 404 p.

### 3. TRABALHOS

#### 3.1. RECURSOS USADOS POR *Atta robusta* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) NA RESTINGA DO COMPLEXO LAGUNAR GRUSSAÍ/IQUIPARI-RJ

##### RESUMO

O comportamento de forrageamento das saúvas envolve a seleção, corte e transporte do material vegetal para o ninho. A maioria das espécies de saúvas invade os sistemas agrícolas causando sérios danos econômicos. Isso tem justificado a realização de estudos sobre a biologia e comportamento para o desenvolvimento de estratégias de combate a essas colônias. Por outro lado, a espécie *A. robusta* endêmica das restingas do Espírito Santo e Rio de Janeiro tem sido pouco estudada possivelmente por não possuir o “status” de praga. Este trabalho teve o objetivo de descrever o comportamento de forrageamento de *A. robusta* e quais plantas são utilizadas por esta formiga. O experimento foi realizado na restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari, no município de São João da Barra, Rio de Janeiro. Entre outubro/2009 a setembro/2010 coletaram-se mensalmente nas trilhas de quatro formigueiros, 100 formigas de cada ninho com suas respectivas cargas. As amostras foram individualizadas em vidros de Duran. As plantas forrageadas pelas formigas durante o período de amostragem foram fotografadas e partes vegetais coletadas amostras para ajudar na identificação do recurso. Observações diretas e indiretas com auxílio de uma filmadora foram feitas para descrever a estratégia de forrageamento focado no corte e transporte do recurso. Verificou-se que ao longo de um ano na restinga *Atta robusta* interage com plantas de 32 taxons. A parte vegetal mais coletada foi folha, seguido de folha seca, flor, cladódio, fruto e semente dependendo da época do ano. Verificaram-se dois tipos de estratégias de forrageamento segundo a espécie de planta forrageada, “transporte individual” e o “transporte em cadeia”.

## ABSTRACT

Ants foraging behavior involve selecting, cutting and transporting vegetal material into the nest. Most leaf cutter ants species invades agricultural systems and causes serious economic damages. To develop control strategies of this social insects their biology and behavior has been studied frequently. On the other hand, leaf cutter ants species that are not pest has been little studied despite sometimes this insects can be important in their ecosystems. The ant *A. robusta* is an endemic specie from Espírito Santo and Rio de Janeiro States restingas and little is known about the foraging behaviour of this ant. This study describe the foraging behavior of *A. robusta* and determine which plants are explored by this ant along one year. The experiments were carried out at the restinga from Grussaí / Iquipari complex in São João da Barra, Rio de Janeiro. From October/2009 to September 2010 we collected monthly one hundred ants and their loads from the trails of four nest. Flowers, leaves or fruits of plants explored by ants were collected and the plants was photographed to help species identification. Ants foraging behavior was observed using a camcorder focused on some individuals that were foraging on different plants species *A. robusta* explore along a year high diversity of plant species. Thirty two taxa of plants were identified as resource transported to the nest. Leaves were the resource most collect followed by dry leaves, flowers, cladode, frutita and seeds but the this order change according the season. We detected that ants can use two foraging strategies according to the plant species foraged, individual strategy or group strategy.

## INTRODUÇÃO

As formigas cortadeiras do gênero *Atta*, conhecidas popularmente como saúvas são consideradas herbívoros polípagos que exploram uma grande variedade de espécies de plantas de diversas famílias (Cherrett, 1989; Della Lucia e Oliveira, 1993). Utilizam grande área de forrageamento com trilhas chegando até 500 metros de comprimento, Teixeira (observação pessoal), e por apresentar alto grau de polimorfismo são capazes de cortar vários tipos de vegetação (Boaretto e Forti, 1997; Cherrett, 1986; Della Lucia e Oliveira, 1993).

Apesar de serem consideradas herbívoros dominantes na coleta de recursos (Hölldobler e Wilson, 1990) as saúvas são seletivas quanto ao corte de vegetais, concentrando seus esforços de coleta sobre parte de recursos mais disponíveis (Cherrett, 1968). Dependendo da espécie, podem preferir cortar monocotiledônea ou eudicotiledônea (Lima et al., 2001). Algumas espécies de *Atta* preferem cortar partes macias da planta, como folhas novas por se encaixar exatamente nas categorias físicas, geralmente as folhas mais velhas de algumas espécies de plantas não são cortadas por conter repelentes químicos. As operárias maiores se especializam em cortar folhas de diferentes espessuras e resistência de uma grande variedade de plantas (Cherrett, 1972).

Outras espécies de saúvas transportam folhas em uma condição de murcha para o ninho. É possível que durante a murcha desse recurso algumas substâncias repelentes evaporem ou fiquem menos efetivas, além disso, mudanças em nutrientes e o conteúdo de água podem fazer com que essas folhas fiquem mais palatáveis para essas formigas (Nichols-Orians, 1991; Vasconcelos e Cherrett, 1996).

Durante a atividade de forrageamento as operárias utilizam estratégias para encontrar e utilizar fontes energéticas de nutrientes (Schlindwein, 2004). Segundo Röschard e Roces (2003a), a formiga *Atta vollenweideri* apresenta duas estratégias de forrageamento durante o corte da planta *Paspalum intermedium* (Poaceae) e seu transporte ao ninho. A distância do recurso vegetal ao ninho parece modular o comportamento de forrageamento. Quando a planta explorada está mais próxima do ninho acontece o “transporte individual”, a mesma operária que corta a folha transporta-a para o ninho. Entretanto, quando a planta explorada está longe do ninho ocorre o “transporte em cadeia”, ou seja, uma operária corta, deixa cair o fragmento vegetal que é transportado por outras operárias ao ninho. Este comportamento favoreceria a velocidade de transferência de informação da espécie vegetal com o qual ocorreria um maior aproveitamento energético (Vasconcelos e Cherrett, 1996).

Nos ecossistemas de restingas, a única representante de saúva registrada é *Atta robusta* que forrageia grande quantidade de frutos e sementes de várias espécies para seus ninhos (Teixeira et al., 2003). A capacidade de forragear sementes possivelmente é aumentada devido ao comportamento de cooperação

e da participação das operárias máximas ou soldados no transporte de sementes maiores (Teixeira, 2007).

A distribuição geográfica de *A. robusta* é restrita comparada com outras espécies de *Atta*, pois é registrada apenas nas restingas dos estados do Rio de Janeiro (Fowler, 1995) e Espírito Santo (Teixeira et al., 2003).

As populações de *A. robusta* da Baixada Fluminense não estão se renovando devido às modificações ambientais antrópicas (Fowler, 1995). É possível que isso esteja ocorrendo, pois as colônias dependem da cobertura vegetal para manter a temperatura e a umidade ideais para cultivo do fungo simbionte (Teixeira e Schoederer, 2003). A ausência de ninhos de *A. robusta* em áreas com histórico de fogo na restinga da Ilha de Guriri no estado do Espírito Santo (Teixeira et al., 2005) reforça essa hipótese.

Por ser uma espécie que não causa danos econômicos existem poucos estudos sobre sua biologia e comportamento. O objetivo desse estudo é descrever o forrageamento dessa espécie em condições de campo, verificar a origem vegetal dos substratos transportados aos ninhos pelas operárias ao longo do ano e descrever como é feito o corte e transporte desse material para o ninho.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi realizado na restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari que se localiza no município de São João da Barra (21 44'S; 41 02'O), região norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Figura 1). A região apresenta clima tropical subúmido a semi-árido. A precipitação pluviométrica média anual varia de 800 a 1.200mm, com as maiores taxas de precipitação nos meses de verão e as menores no inverno. O vento predominante tem a direção nordeste e atinge as maiores velocidades nos meses de agosto a dezembro. O solo da região é caracterizado como areias quartzosas marinhas associadas a podzol hidromórfico de origem flúvio-marinha (RadamBrasil, 1983). Essa restinga se divide em quatro unidades fisionômicas: Formação Praial, Formação Praial com Moitas, Formação de *Clusia* e Formação Mata de Restinga (Assumpção e Nascimento, 2000).

Os experimentos foram realizados em uma área da unidade fisionômica Formação Praial com Moitas que se caracteriza pela baixa cobertura de vegetação e se distribui em agrupamentos vegetacionais de pequenos arbustos, palmeiras, cactos intercalados com áreas abertas de areia (Henriques et al., 1987; Assumpção e Nascimento, 2000).

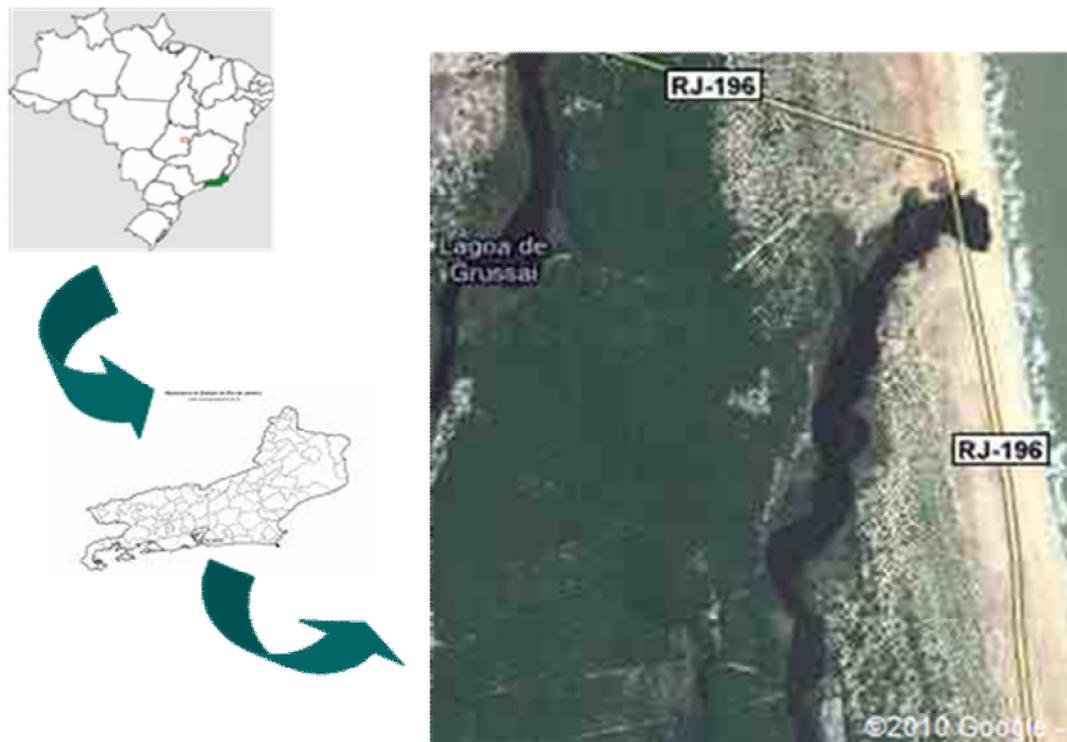


Figura 1: Mapa mostrando a localização da restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari (São João da Barra, RJ).

### **Amostragem das operárias de *Atta robusta***

Antes de iniciar os experimentos foram pré-selecionados 13 ninhos que apresentavam grande atividade observada através do fluxo de forrageamento nas trilhas.

As amostragens foram realizadas no período de outubro/2009 a setembro/2010. Foram feitas coletas mensais em quatro formigueiros dispersos na unidade fisionômica Formação Praial com Moitas. Coletou-se 100 formigas

com suas respectivas cargas, por ninho, durante o forrageamento na trilha. As cargas e as formigas foram individualizadas em vidros de Duran e depois levadas para o Laboratório.

O fluxo das operárias de *A. robusta* na trilha foi quantificado antes de cada coleta nos quatro formigueiros selecionados mensalmente. Durante cinco minutos foram quantificadas todas as operárias que passavam por um ponto fixo na trilha a 30 cm do olheiro. Foram contabilizadas as operárias que entravam no olheiro com a carga e o mesmo foi feito para as que saíam do olheiro para forragear. Para contar as formigas utilizou-se um contador manual e um cronômetro digital para marcar o tempo. A temperatura e a umidade foram registradas através de um relógio termo-higrômetro depois de quantificadas as formigas de cada ninho. A cada mês foi registrada a temperatura e umidade próximo dos quatro ninhos que estavam sendo coletados.

Foram selecionados 13 ninhos e a cada mês, as coletas foram realizadas nas trilhas de quatro desses formigueiros que apresentaram o fluxo de formigas acima de 1032 formigas por 5 minutos.

### **O recurso forrageado pelas operárias de *Atta robusta***

Entre outubro/2009 a setembro/2010 foram feitas coletas mensais e em cada mês coletavam-se na trilha de forrageamento 100 formigas por ninho com sua respectiva carga. As operárias e suas cargas foram coletadas com pinça a aproximadamente 30 cm da entrada do olheiro. As amostras depois de coletadas foram guardadas na geladeira para reduzir perdas de água por evaporação. As cargas e as formigas foram individualizadas em vidros de Duran e depois levadas para o Laboratório.

O horário das coletas foi a partir das 17:00 até às 21:00 horas, horário em que ocorria grande fluxo do forrageamento.

O material coletado foi classificado como: folha, folha seca, flor, cladódio, fruto, semente, pedúnculo, broto, outros e indefinido (material que não foi possível de ser identificado).

Durante as coletas, as trilhas de formigas foram seguidas até localizar o recurso onde as operárias estavam cortando. A planta foi fotografada e partes

dela (ramos com folhas, flores e frutos) foram coletadas para fazer as exsicatas. A identificação das plantas forrageadas foi realizada em cooperação com especialistas do Herbário da UENF (CBB-UENF).

### **Comportamento de forrageamento da formiga *Atta robusta***

Observações do comportamento de corte dos recursos vegetais pelas formigas foram feitas em duas ocasiões sobre 5 ninhos e em 5 espécies de plantas. As observações foram feitas direta e indiretamente com auxílio de uma filmadora. As filmagens foram feitas em seções de até 10 minutos sobre formigas efetuando o corte e sobre formigas na trilha. As plantas sobre as quais se observou o comportamento de *A. robusta* foram *Cereus fernambucensis* Lem. (Cactaceae), *Cynodon cf. dactylon* (L.) Pers., *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) e *Hydrocotyle umbellata* L. (Apiaceae). As filmagens tiveram uma duração de aproximadamente 50 minutos em cada espécie de planta e durante esse tempo também foram feitas anotações do comportamento de forrageamento. As filmagens foram depois analisadas para a descrição do comportamento de forrageamento em cada espécie de planta.

### **Análise estatística**

A porcentagem de formigas coletando cada recurso foi comparada com Análise de Variância (ANOVA) e as médias comparadas através do teste de Tukey,  $p < 0,05$ . Foi feito o teste  $\chi^2$  a 1% de probabilidade para comparar o total de folhas frescas e o total de outros recursos forrageados em cada mês de amostragem.

## **RESULTADOS**

### **Fluxo de forrageamento das operárias de *Atta robusta***

As amostragens tiveram início quando a atividade de forrageamento alcançou 103 formigas por minuto carregando o recurso.

Nos horários de amostragem, a temperatura variou entre 23°C e 28°C e a umidade variou entre 76% e 82% (Figura 2). Entre as horas em que se realizou as amostragens observou-se uma maior intensidade no fluxo de formigas entre 19 e 20 horas (Figura 3). Durante o período chuvoso ocorreu um maior fluxo de formigas forrageando (Figura 4).

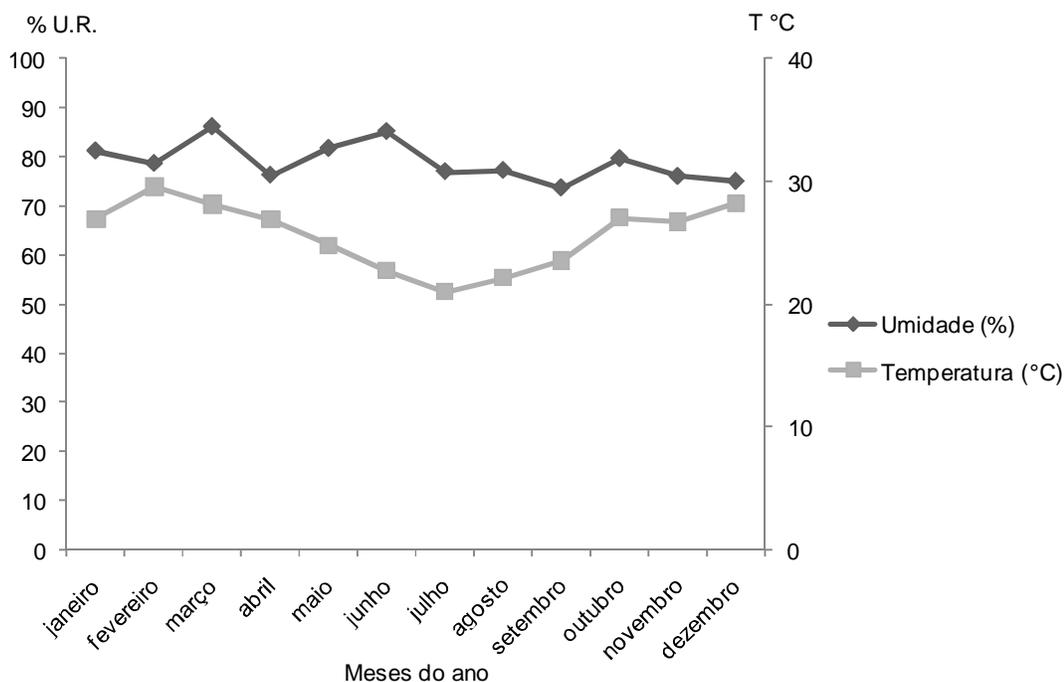


Figura 2. Temperatura (°C) e umidade (%) registradas em outubro/2009 a setembro/2010 na restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari.

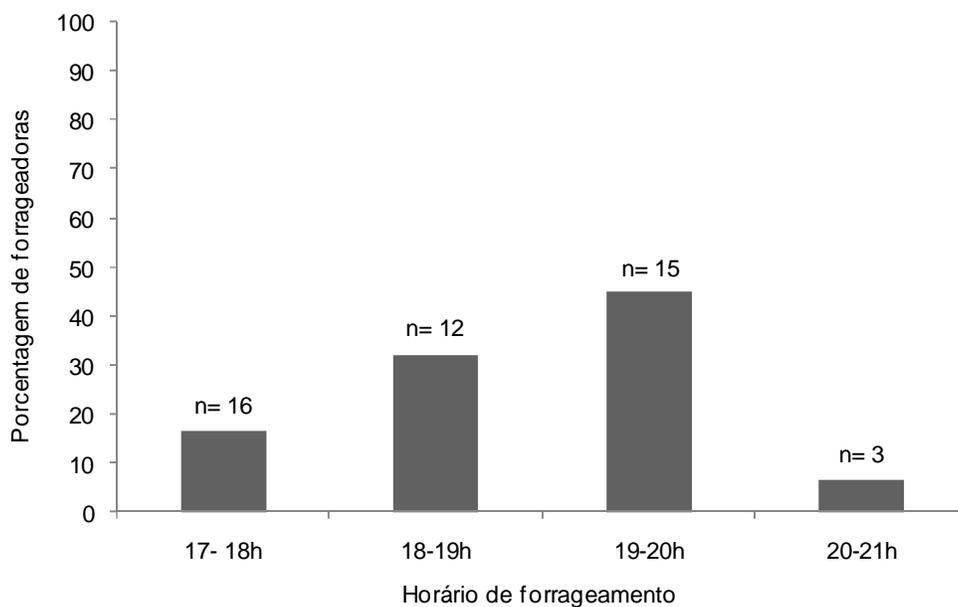


Figura 3. Porcentagem de forrageadoras de *Atta robusta* presentes na trilha de forrageamento quantificadas durante 5 minutos a 30 cm do olheiro. As observações foram feitas na restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari ao longo de um ano (n= quantidade de ninhos contabilizados).

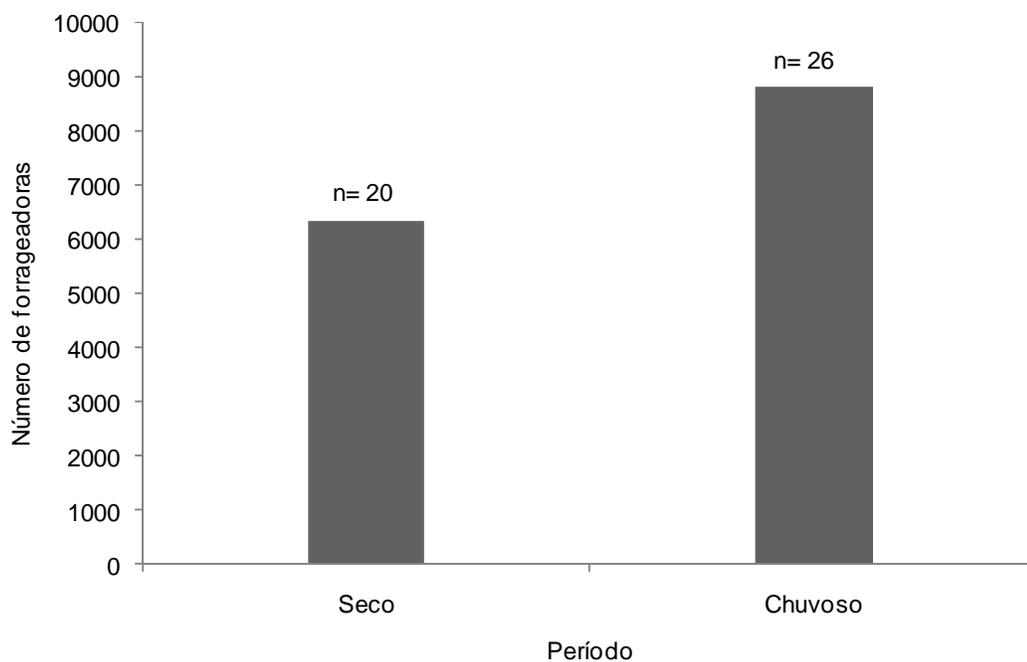


Figura 4. Número de forrageadoras de *Atta robusta* presentes na trilha de forrageamento quantificadas durante 5 minutos a 30 cm do olheiro. As

observações foram feitas na restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari ao longo de um ano (n= quantidade de ninhos contabilizados).

### **Diversidade de espécies de plantas forrageadas por *Atta robusta***

As colônias de *A. robusta* coletaram material vegetal de plantas 32 taxons, agrupadas em 17 famílias (Tabela 1). Outros materiais não vegetais foram coletados como resinas, fezes e “fragmento vegetal indefinido”.

Apesar da diversidade de material coletado a maior proporção de recursos foi coletada de uma pequena quantidade de espécies. Durante o período de um ano de coleta as espécies mais forrageadas foram *Hydrocotyle umbellata* L., *Eugenia uniflora* L., *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Ipomoea imperati* (Vahl) Griseb., *Stylosanthes viscosa* (L.), *Cynodon* cf. *dactylon* (L.) Pers. Sw., *Cereus fernambucensis* Lem., *Eleocharis* sp. e *Capparis flexuosa* (L.) L. (Tabela 2).

As operárias de *A. robusta* utilizavam muito material vegetal fresco recém-cortado, mas também se verificou o transporte de fragmentos secos.

Constatou-se que o recurso mais carregado foi folha. Em menor proporção foi coletada folha seca, flor, cladódio (Figura 5), fruto, semente e fragmentos não identificados (Figura 6). Foi constatada a coleta tanto de monocotiledôneas como de eudicotiledôneas. As plantas cortadas e transportadas com maior frequência estavam localizadas entre aproximadamente 50 cm a 5 m de distância do olheiro.



Figura 5. Operárias de *Atta robusta* cortando o cladódio do cacto (*Cereus fernambucensis* Lem.) na restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari.

Tabela 1. Plantas forrageadas pelas operárias de *Atta robusta* na restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari. Tipos de material vegetal forrageado, I- folha; II- folha/seca; III- flor; IV- cladódio (modificação caulinar); V- fruto; VI- semente; VII- pedúnculo; VIII- broto.

Espécie de planta	Família	Nome popular	Tipos de material vegetal forrageado
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Anacardiaceae	Aroeira	I, II, V, VI, VII
<i>Hydrocotyle umbellata</i> L.	Apiaceae	Acariçoba	I, II, III, VII, VIII
<i>Oxypetalum</i> cf. <i>banksii</i> Schult.	Apocynaceae		I, III, VII
<i>Heliotropium polyphyllum</i> Lehm.	Boraginaceae		I, II, III, VII
<i>Cereus fernambucensis</i> Lem.	Cactaceae	Cardeiro	I*, III, IV, V, VI
<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L.	Capparaceae		I, II
<i>Ceratophyllum</i> sp.	Ceratophyllaceae		I, II
<i>Ipomoea imperati</i> (Vahl) Griseb.	Convolvulaceae		I, II, VII
<i>Eleocharis</i> sp.	Cyperaceae		I, III
<i>Cyperus brevifolius</i> (Rottb.) Hassk.	Cyperaceae		I, III, VII
<i>Remirea maritima</i> Aubl.	Cyperaceae	Salsinha	I
<i>Cyperus</i> sp.	Cyperaceae		III, VII
<i>Centrosema virginianum</i> (L.) Benth.	Fabaceae		I, III, VII
<i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.)	Fabaceae		I, II, III, VI
<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.	Fabaceae		I, V
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Fabaceae	Ingá mirim	I, VII, VIII
<i>Indigofera sabulicola</i> Benth.	Fabaceae		III
<i>Stylosanthes viscosa</i> (L.) Sw.	Fabaceae		I, II, III, VII
sp. 1	Indeterminada		I, II, VIII
sp. 2	Indeterminada		I, VII
sp. 3	Indeterminada		I, VII
<i>Sida cordifolia</i> L.	Malvaceae		I
<i>Mollugo verticillata</i> L.	Molluginaceae		III
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	Pitanga lagarto	I, II, III, V, VI, VII, VIII
<i>Cynodon</i> cf. <i>dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae		I, II
sp. 4	Poaceae		I, II
sp. 5	Poaceae		I, II, VIII
<i>Sporobolus virginicus</i> (L.) Kunth	Poaceae		I,
<i>Scutia arenicola</i> (Casar.) Reissek	Rhamnaceae	Quixabinha	I
<i>Mitracarpus</i> cf. <i>hirtus</i> (L.) DC.	Rubiaceae		I, III
<i>Spermacoce verticillata</i> L.	Rubiaceae		I, III
<i>Lantana fucata</i> Lindl.	Verbenaceae		I

I\* = folha modificada (espinho de cacto).

Tabela 2. Porcentagem de operárias de *Atta robusta* (n= 4388) que carregaram os distintos recursos forrageados na restinga do complexo lagunar Grussaí/IQUIPARI. Em amostragens mensais durante o período de outubro/2009 a setembro/2010.

Material coletado	Nome popular	Porcentagem de operárias
<i>Hydrocotyle umbellata</i> L.	Acariçoba	14,50%
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga lagarto	12,10%
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira	10,33%
<i>Ipomoea imperati</i> (Vahl) Griseb.		9,13%
<i>Stylosanthes viscosa</i> (L.) Sw.		8,97%
<i>Cynodon cf. dactylon</i> (L.) Pers.		8,07%
<i>Cereus fernambucensis</i> Lem.	Cardeiro	7,29%
<i>Eleocharis</i> sp.		4,96%
<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L.		4,55%
sp. 1		4,36%
sp. 5		2,15%
<i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.)		1,59%
<i>Lantana fucata</i> Lindl.		1,56%
<i>Remirea maritima</i> Aubl.	Salsinha	1,56%
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Ingá mirim	1,32%
<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.		1,20%
Indefinido		1,05%
<i>Cyperus brevifolius</i> (Rottb.) Hassk.		0,94%
<i>Heliotropium polyphyllum</i> Lehm.		0,88%
<i>Centrosema virginianum</i> (L.) Benth.		0,76%
sp. 4		0,52%
<i>Oxypetalum cf. banksii</i> Schult.		0,46%
Resina		0,37%
<i>Spermacoce verticillata</i> L.		0,32%
<i>Ceratophyllum</i> sp.		0,25%
<i>Sporobolus virginicus</i> (L.) Kunth		0,27%
<i>Scutia arenicola</i> (Casar.) Reissek	Quixabinha	0,18%
<i>Mollugo verticillata</i> L.		0,11%
sp. 2		0,11%
<i>Cyperus</i> sp.		0,04%
<i>Sida cordifolia</i> L.		0,02%
<i>Ipomoea imperati</i> (Vahl) Griseb		0,02%
<i>Mitracarpus cf. hirtus</i> (L.) DC.		0,02%
sp. 3		0,02%
Fezes		0,02%

Indefinido\*= Material transportado que não foi possível identificar devido ao pequeno tamanho do fragmento.

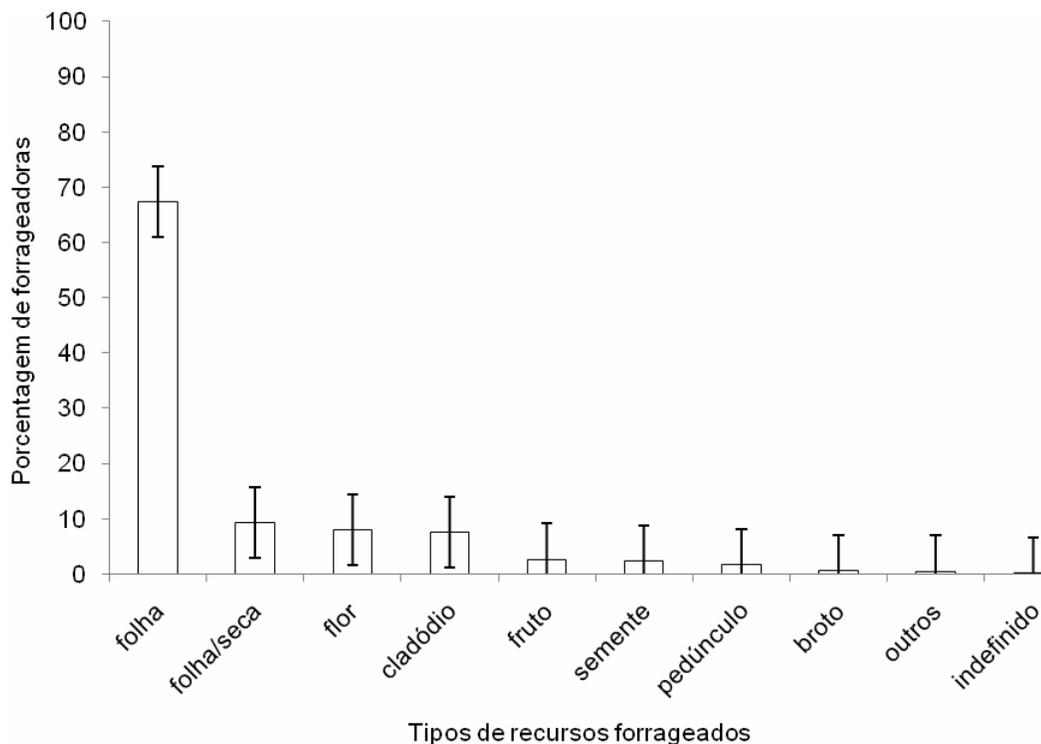


Figura 6. Porcentagem ( $X \pm DP$ ) de operárias de 4 ninhos de *Atta robusta* que transportam os diferentes tipos de recurso em 12 meses de amostragem na restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari (n= 48 coletas).

O total de 4388 formigas foram coletadas nas trilhas de forrageamento durante um ano de amostragem. Dessas, 2955 formigas coletaram folha fresca e 1433 coletaram outros recursos. Foi amostrada em cada mês a quantidade de operárias que forragearam folhas frescas e as que coletavam outros recursos. Quando comparado cada mês com o total pelo teste  $\chi^2$  houve diferença significativa nos meses de março ( $\chi^2= 25,05$  e  $p < 0,0001$ ), junho ( $\chi^2= 31,06$  e  $p < 0,0001$ ), julho ( $\chi^2= 47,60$  e  $p < 0,0001$ ), agosto ( $\chi^2= 4,29$  e  $p \leq 0,0382$ ), setembro ( $\chi^2= 32,52$  e  $p < 0,0001$ ), outubro ( $\chi^2= 31,65$  e  $p < 0,0001$ ), novembro ( $\chi^2= 40,04$  e  $p < 0,0001$ ) e dezembro ( $\chi^2= 41,89$  e  $p < 0,0001$ ). Nos meses de março, junho, julho e dezembro as operárias coletaram significativamente mais folhas frescas que outros recursos (Figura 7).

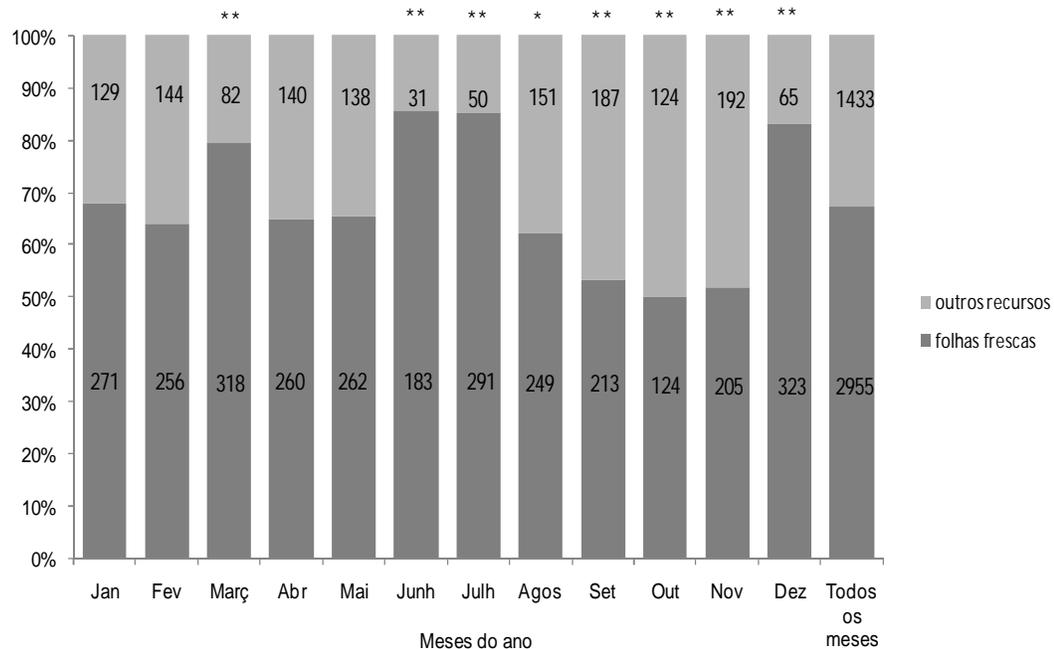


Figura 7. Porcentagem de forrageadoras de *Atta robusta* que transportaram folhas e outros recursos durante 12 meses na restinga do complexo lagunar Grussaí/IQUIPARI. Comparou-se pelo teste  $\chi^2$  o total das forrageadoras de folhas frescas e o total de outros recursos com o total de cada mês das forrageadoras de folhas frescas e de outros recursos. \* Diferença significativa pelo teste  $\chi^2$ ,  $p \leq 0,05$ . \*\* Diferença significativa pelo teste  $\chi^2$ ,  $p \leq 0,0001$ .

Apesar de folha ter sido o recurso mais forrageado durante todo ano, verificou-se algumas variações sazonais. Nos meses de agosto, setembro e outubro, próximo do início da primavera, ocorreu uma diminuição da coleta de folhas. Isso coincidiu com o aumento da coleta de cladódios, flores e sementes (Figura 8). Período em que ocorreu uma maior disponibilidade desses recursos.

A sazonalidade de coleta pode ser verificada também durante o outono, principalmente no mês de abril que apresentou um acréscimo da coleta de folha seca e houve um decréscimo dos outros recursos (Figura 8).

No início da primavera, mês de setembro, houve grande disponibilidade de flores na restinga, principalmente de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) que foram também coletadas por operárias de *A. robusta*. Nas coletas realizadas nesse mês observou-se grande número de operárias sobre essa planta e na trilha.

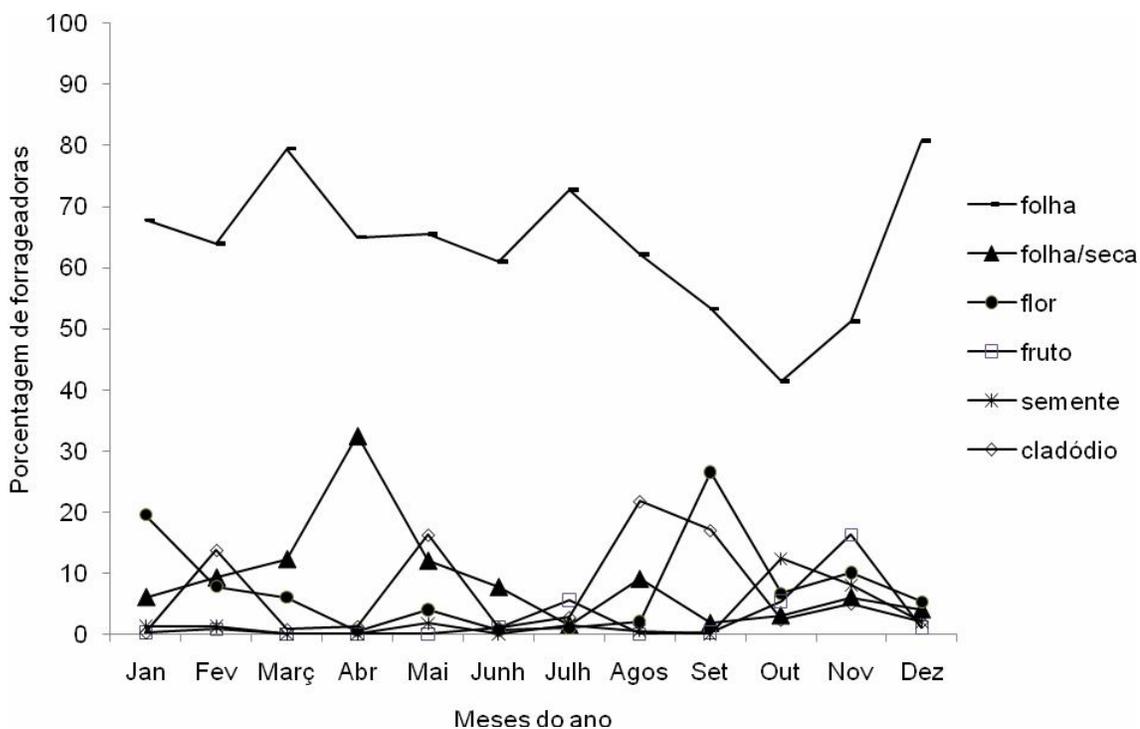


Figura 8. Porcentagem de forrageadoras de *Atta robusta* que transportaram os distintos recursos durante um ano na restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari.

Para verificar se existem diferenças entre ninhos quanto ao material coletado pelas formigas, 4 ninhos foram amostrados nos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro. Verificou-se diferença significativa quanto ao material vegetal forrageado. As operárias do ninho 4 forragearam significativamente mais cladódio do que as operárias dos ninhos 1, 2 e 3 (ANOVA,  $F= 5,89$ ,  $p < 0,01$ ) (Figura 9).

O transporte de folha no ninho 1 foi de 55%, no ninho 2 de 82%, no ninho 3 de 74% e no ninho 4 de 45%. Verificou-se uma tendência na coleta de flores pelas operárias dos ninhos 3 e 4 comparado aos outros ninhos (Figura 9). Resta saber se a maior coleta destes recursos pelos distintos ninhos é produto de uma preferência pelo recurso em si ou se responde a princípios de maximização energética determinados pela proximidade do recurso ao ninho.

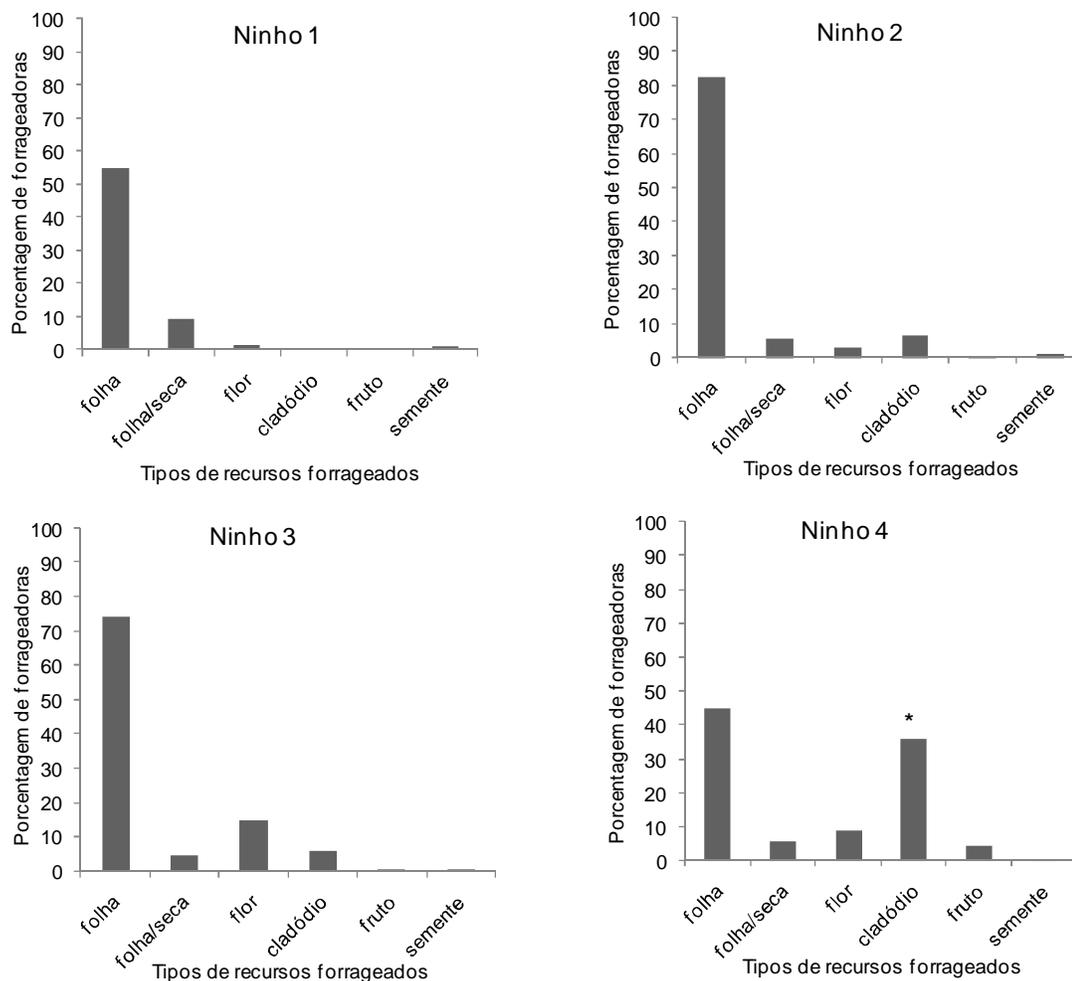


Figura 9. Porcentagem de operárias de *Atta robusta* dos ninhos 1, 2, 3 e 4 que transportaram os diferentes recursos coletados durante os meses de maio, junho, julho, agosto e setembro na restinga do complexo lagunar de Grussaí/IQUIPARI. A quantidade de operárias que transportaram cladódio no ninho 4 foi significativamente maior que nos demais ninhos (Teste de Tukey \* $p < 0,05$ ).

Nos ninhos 1, 2, 3, e 4 apenas 4 espécies de plantas foram responsáveis por 79,23% e 97,66% do material coletado. No ninho 1, os fragmentos de partes de plantas de *Hydrocotyle umbellata* L. corresponderam a 75,44% de todo o recurso forrageado e *Eleocharis* sp. a 18,13%, entretanto ambos encontravam-se a uma distância aproximada de 50 cm a 1,5 m do olheiro. No ninho 2, as plantas *Capparis flexuosa* (L.) L. (40% forrageada) e *Ipomoea imperati* (Vahl) Griseb., abundante durante todo ano na restinga (13,07% forrageada), estavam a uma

distância aproximada de 1,0 m a 3,0. No ninho 3, as plantas *Schinus terebinthifolius* Raddi (32,87% forrageada) e *Eugenia uniflora* L. (20,84% forrageada) encontravam-se a 100 cm do olheiro. No ninho 4, as plantas *Cereus fernambucensis* Lem. (36,10% forrageada) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (17,64% forrageada) estavam aproximadamente entre 1,0 m a 2,5 m de distância do olheiro (Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem de material coletado em diferentes plantas por operárias de *Atta robusta* nos ninhos 1, 2, 3 e 4 durante os meses de maio, junho, julho, agosto e setembro de 2010 na restinga do complexo lagunar de Grussaí/IQUIPARI.

Ninhos	Espécies de plantas	Porcentagem
Ninho 1	<i>Hydrocotyle umbellata</i> L.	75,44%
	<i>Eleocharis</i> sp.	18,13%
	<i>Cynodon</i> cf. <i>dactylon</i> (L.) Pers.	2,93%
	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	1,16%
Ninho 2	<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L.	40,00%
	<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.	13,34%
	<i>Ipomoea imperati</i> (Vahl) Griseb.	13,07%
	<i>Cynodon</i> cf. <i>dactylon</i> (L.) Pers.	12,82%
Ninho 3	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	32,87%
	<i>Eugenia uniflora</i> L.	20,84%
	<i>Cynodon</i> cf. <i>dactylon</i> (L.) Pers.	19,04%
	<i>Ipomoea imperati</i> (Vahl) Griseb.	8,21%
Ninho 4	<i>Cereus fernambucensis</i> Lem.	36,10%
	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	17,64%
	<i>Ipomoea imperati</i> (Vahl) Griseb.	16,64%
	<i>Cynodon</i> cf. <i>dactylon</i> (L.) Pers.	9,94%

Na figura 10 são mostradas as espécies de plantas que foram mais forrageadas pelas operárias de *A. robusta* na restinga.



*Hydrocotyle umbellata* L.



*Eugenia uniflora* L.



*Schinus terebinthifolius* Raddi



*Ipomoea imperati* (Vahl) Griseb.



*Stylosanthes viscosa* (L.) Sw.



*Cynodon* cf. *dactylon* (L.) Pers.

Figura 10. Plantas forrageadas em maior proporção pelas operárias de *Atta robusta* na restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari.

### Comportamento de forrageamento da formiga *Atta robusta*

As observações do comportamento de forrageamento permitiram identificar dois tipos de estratégias de forrageamento de acordo com a origem do material vegetal. Nas plantas *Cereus fernambucensis* Lem. (cacto) e *Cynodon* cf. *dactylon* (L.) Pers. (gramínea), observou-se que operárias médias escalam a planta e cortam os fragmentos vegetais que são logo transportados por estas mesmas formigas até o ninho. No caso de *C. fernambucensis* após retirar a parte interna do cladódio as operárias preparam um fardo compactando e agrupando os fardos retirados o que possibilita o transporte. Sobre outras plantas como *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira), *Eugenia uniflora* L. (pitanga) e *Hydrocotyle*

*umbellata* L. (acariçoba), observou-se que operárias médias escalam a planta, cortam as folhas ou flores deixam cair no solo e outras operárias cortam das folhas ou flores pedaços menores e os transportam para o ninho. Observou-se que as operárias que realizam o corte de *S. terebinthifolius* alimentam-se da seiva que surgia de forma abundante depois do corte do pecíolo.

## DISCUSSÃO

As formigas cortadeiras exploram grande número de espécies de plantas, por isso são consideradas herbívoros polípagos, mas são seletivas e algumas espécies não são atacadas (Della Lucia e Oliveira, 1993). Dependendo da espécie de Attini, podem preferir cortar monocotiledônea ou eudicotiledônea (Lima et al., 2001). As operárias de *Atta vollenweideri* (Röschard e Roces, 2003a, Röschard e Roces, 2003b), *Atta bisphaerica* (Araújo et al., 2004; Lima et al., 2006) e *Acromyrmex balzani* (Pimenta et al., 2007) são específicas em cortar fragmentos de monocotiledônea. Operárias de *Atta cephalotes* preferem cortar eudicotiledônea (Cherrett, 1972). Neste trabalho verificou que *A. robusta* não tem essa especificidade, forrageia tanto espécies de monocotiledônea como de eudicotiledônea. Teixeira (2007), verificou que na restinga da Ilha de Guriri, *A. robusta* forrageia grande diversidade de frutos e sementes de monocotiledôneas e eudicotiledôneas de porte arbustivo e arbóreo e as coletas ocorreram principalmente na unidade fisionômica Formação Mata de Restinga. Neste trabalho, a maior parte do material vegetal coletado apresentou porte prostrado, herbáceo e pouco arbustivo. Entretanto, a formação fisionômica onde ocorreram as coletas não tinha plantas arbóreas na área de forrageamento dos ninhos.

As formigas cortadeiras do gênero *Atta*, conhecidas popularmente no Brasil como saúvas, são consideradas insetos de grande impacto econômico e ecológico devido à sua atividade de cortar grande quantidade de folhas, flores e frutos (Fowler et al., 1989). A espécie *A. robusta* coleta recursos de 32 taxons de plantas ao longo de um ano na restinga de Grussaí/Iquipari, porém apesar da diversidade de material coletado a maior proporção de recursos foi coletada de uma pequena quantidade de espécies. Segundo Lopes (2005), isso também ocorreu na restinga com a espécie *Acromyrmex striatus*.

A preferência no forrageamento por folhas ocorre na maioria das espécies de *Atta*, como *A. vollenweideri* (Röschard e Roces, 2003a), *A. bisphaerica* (Araújo et al., 2004), *A. cephalotes* (Cherrett, 1972) e *A. sexdens rubropilosa* (Attygalle e Morgan, 1985; Schlindwein, 2004). Em *A. robusta* também foi verificada essa preferência, embora a sazonalidade de disponibilidade do material vegetal provocou um incremento no transporte de outros recursos como de folhas secas, cladódio, flores, frutos e sementes, dependendo da estação seca ou chuvosa. O forrageamento das operárias de *A. bisphaerica* também é influenciado pela sazonalidade (Lima et al., 2006).

Alguns estudos sugerem que as formigas cortadeiras não representam importantes dispersoras de sementes em florestas tropicais (Pizo e Oliveira, 2001). Durante nossas coletas constatou-se uma baixa frequência no transporte de frutos e sementes pelas operárias de *A. robusta*. No entanto, Teixeira et al. (2007) registraram para esta espécie uma intensa movimentação de sementes na Ilha de Guriri. Esses resultados podem diferir devido às variações na composição de espécies de plantas das restingas (Assumpção e Nascimento, 2000; Assis et al., 2004).

Os recursos coletados pelas operárias de *A. robusta* geralmente, localizavam-se próximos dos ninhos. No ninho 4, as operárias coletaram prioritariamente o cladódio da planta *Cereus fernambucensis* que estava aproximadamente a 1,0 m do ninho. O Índice de Valor de Cobertura desta planta na área Formação Praial com Moitas da restinga de Grussaí/Iquipari é de 13,6 (Assumpção e Nascimento, 2000). A proximidade e a abundância da planta *C. fernambucensis* (36,10% forrageada) do ninho 4, possivelmente influenciou na coleta deste recurso diminuindo o transporte de folha. Em *A. sexdens rubropilosa* plantas de maior preferência que estavam mais distantes foram cortadas com menor intensidade do que plantas com menor preferência próxima do ninho (Schlindwein, 2004). Essa estratégia busca maximizar a obtenção de energia para a colônia (Detrain, 2000).

As operárias de *A. robusta* utilizaram material vegetal fresco recém-cortado, no entanto, no mês de julho observou-se que as operárias de dois ninhos estavam recolhendo folhas deixadas na trilha das plantas *Capparis flexuosa* (L.) L. e *Schinus terebinthifolius* Raddi. Segundo Vasconcelos e Cherrett (1996), a preferência por folhas secas pode ser devido à evaporação de algumas

substâncias repelentes ou ao aumento na concentração de nutrientes e no conteúdo de água, o que podem fazer com que as folhas murchas fiquem mais palatáveis para essas formigas.

Além da preferência por determinadas plantas, as formigas escolhem o horário para forragear de acordo com a temperatura. Para as formigas cortadeiras as variações no clima são consideradas determinantes em seus ritmos de forrageamento, operárias forrageiam principalmente entre 20° e 30°C de temperatura e diminuem suas atividades acima e abaixo desses valores (Hölldobler e Wilson, 1990; Bollazzi e Roces, 2010). Os nossos resultados coincidem com os dados desses autores, próximo dos ninhos de *A. robusta* a temperatura variou entre 23°C e 28°C. A temperatura tem influência direta na atividade das formigas.

Segundo Vasconcelos e Cherrett (1996), o maior ritmo de forrageamento ocorreu no período da manhã e da tarde, a temperatura mais alta diminui a saída das saúvas. Em *A. robusta* proporcionalmente ocorreu maior fluxo de forrageamento das operárias no horário entre 19 e 20 horas. Durante o inverno houve um decréscimo nesse fluxo, *A. robusta* forrageou menos em baixa temperatura.

Informações quanto ao comportamento de forrageamento para *A. robusta* são escassas com apenas um registro na literatura (Borgmeier, 1939) onde se descreve dois tipos de estratégias de forrageamento em uma única espécie de planta. A primeira estratégia a formiga escala, corta e transporta o material vegetal e na segunda a formiga escala, corta, deixa cair no solo as folhas e estas depois são cortadas em pedaços menores por outras operárias que as transportam ao ninho.

No presente estudo verificaram-se as duas estratégias de forrageamento, mas a estratégia variou de acordo com o tipo de planta forrageada. Nas plantas de cacto (*Cereus fernambucensis* Lem.) e gramínea (*Cynodon* cf. *dactylon* (L.) Pers.) a mesma formiga corta e transporta a carga ao ninho. Isso pode ser devido à consistência suculenta no caso da planta *Cereus fernambucensis* Lem. ou por não apresentar folhas múltiplas no caso de *Cynodon* cf. *dactylon* (L.) Pers. A distância do recurso ao ninho pode também influenciar a estratégia utilizada. Segundo Röschard e Roces (2003a), em *A. vollenweideri* com distâncias pequenas a forrageadora corta e carrega o fragmento vegetal. A segunda

estratégia foi utilizada nas plantas aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), pitanga (*Eugenia uniflora* L.) e acariçoba (*Hydrocotyle umbellata* L.), estas plantas possuem folhas múltiplas ou são mais espessas. Várias operárias são necessárias para recortar em pedaços menores as folhas e assim serem transportadas até chegar ao ninho. Röschar e Roces (2003a), verificaram que essa segunda estratégia de forrageamento favorece a transferência de informação da existência de recurso com o qual ocorre um maior aproveitamento energético.

As formigas cortadeiras completam grande parte de suas necessidades energéticas através do consumo de seiva que é liberada durante o corte do material vegetal (Quilan e Cherrett, 1979). Durante as presentes observações constatou-se que operárias de *A. robusta* também se alimentam da seiva que surge depois do corte de pecíolos.

*A. robusta* tem uma grande plasticidade para explorar diferentes espécies de plantas na restinga, mas parece ter preferências por certas espécies vegetais. Esta preferência pode estar influenciada pela proximidade dos recursos que possibilita um menor gasto energético ou um aumento das chances de encontro destes recursos. Também podem estar envolvidos processos de aprendizagem associativa. Esta formiga mostrou ter capacidade de modificar o comportamento adaptando a estratégia de forrageamento ao tipo de material coletado maximizando o uso e transporte do recurso. Devido a essas particularidades desta espécie, estudos comportamentais e ecológicos que permitam aprofundar os conhecimentos sobre o forrageamento de *A. robusta* são importantes para entender o papel dessas nos ecossistemas de restingas e o potencial desta espécie vir a constituir-se em uma praga agrícola no caso de deteriorar seu ambiente natural, a restinga.

## CONCLUSÕES

- A espécie de formiga *Atta robusta* forrageou grande diversidade de espécies de plantas na restinga, mas com maior intensidade as plantas que estavam próximas dos ninhos;

  - Cortou e transportou tanto monocotiledônea como eudicotiledônea;

  - Folha foi o tipo de recurso mais forrageado pelas operárias, mas em menor proporção também foram coletados folhas secas, flores, cladódio, frutos, sementes e outros;

  - A sazonalidade influenciou a coleta dos recursos, durante o outono aumentou a coleta de folha seca e na primavera transportaram mais flores;

  - Operárias forragearam na maioria das vezes plantas próximas dos olheiros (50 cm a 3,5m), esta preferência pode ser uma resposta ao menor investimento energético utilizado na busca por alimento;

  - Verificou-se que o tipo de estratégia de forrageamento é modificado segundo o tipo de planta explorada;

  - O “transporte individual” ocorreu em plantas de cactos e gramíneas. E o “transporte em cadeia” ocorreu em plantas de aroeira, pitanga e acariçoba. Em plantas de pitanga, o “transporte em cadeias” ocorreu com o recurso flores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araujo, M.S., Della Lucia, T.M.C., Picanço, M.C. (2004) Impacto da queima da palhada da cana-de-açúcar no ritmo diário de forrageamento de *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera, Formicidae). *Revista Brasileira de Zoologia*. 21:33-38.

Assis, A.M., Thomaz, L.D., Oberdan, J.P, (2004) Florística de um trecho de floresta de restinga no município de Guarapari, Espírito Santo, Brasil. *Acta bot. bras.*, 18:191-201.

Assumpção, J., Nascimento, M.T. (2000) Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de Restinga no complexo lagunar Grussaí / Iguipari, São João da Barra, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 14:301-315.

Attygalle, A.B., Morgan, E.D. (1985) Ant Trail Pheromones. *Advances in Insect Physiology*, v. 18, p.1-30.

Boaretto, M.A.C., Forti, L.C. (1997) Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. Série técnica IPEF, São Paulo, v. 11, n. 30, p. 31-46.

Bollazzi, M., Roces, F. (2010) Leaf-cutting ant workers (*Acromyrmex heyeri*) trade off nest thermoregulation for humidity. *Control. J. Ethol.*, 28:399-403.

Borgmeier, T. (1939) Nova contribuição para o conhecimento das formigas neotropicais. *Rev. Entomol.* 10:403-428.

Cherrett, J.M. (1968) The foraging behaviour of *Atta cephalotes* L. (Hymenoptera, Formicidae). Foraging patterns and plant species attacked in tropical rain forest. *Journal of Animal Ecology*, 37:387-403.

Cherrett, J.M. (1986) History of the leaf-cutting ant problem. *In*: Lofgren, C.S., Vader Meer, R.K. (eds.). Fire ants e leaf-cutting ants: biology and management. Boulder: Westview Press, p. 10-17.

Cherrett, J.M. (1989) Leaf-cutting ants. *In*: Lieth, H., Werger, M.J.A. (eds.). Tropical rain forest ecosystems: biogeographical and ecological studies. Amsterdam: Elsevier, p.473-488.

Cherrett, J.M. (1972) Some Factors Involved in the Selection of Vegetable Substrate by *Atta cephalotes* (L.) (Hymenoptera: Formicidae) in Tropical Rain Forest. *Journal of Animal Ecology*, 41:647-660.

Della Lucia, T.M.C., Oliveira, P.S. (1993) Forrageamento. *In*: Della Lucia, T.M.C. (ed.). *As formigas cortadeiras*, p. 84-105. Ed. Folha de Viçosa, 262p.

Detrain, C., Tasse, O., Versaen, M., Pasteels, J.M. (2000) A field assessment of optimal foraging in ants: trail patterns and seed retrieval by the European harvester ant *Messor barbarus*. *Insectes Sociaux*, 47:56–62.

Fowler, H.G. (1995) The population status of the endangered Brazilian endemic leaf-cutting ant *Atta robusta* (Hymenoptera: Formicidae). *Biological Conservation*, 74:147-150.

Fowler, H.G., Pagani, M.I., Silva, O.A., Forti, L.C., Silva V.P., Vasconcelos, H.L. (1989). A pest is a pest is a pest? The dilemma of Neotropical leaf-cutting ants: keystone taxa of natural ecosystems. *Environ. Manag.* 13: 671-675.

Henriques, R.P.B., Araújo, D.S.D., Hay, J.D. (1987) Descrição e classificação dos tipos de vegetação da restinga de Carapebus, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Botânica*, 2:173-189.

Hölldobler, B., Wilson, E.O. (1990) The ants. The Belknap Press of Harvard University, Cambridge, Massachusetts. 732 p.

Lima, C.A., Della Lucia, T.M.C., Ribeiro, M.M.R., Viana-Bailez, A.M.M. (2006) The role of seasonality on load transport and polymorphism in the grass-cutting ant *Atta bisphaerica* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 48:175-181.

Lima, C.A., Della Lucia, T.M.C., Silva, N.A. (2001) Formigas cortadeiras biologia e controle. Boletim de Extensão da Universidade Federal de Viçosa. N° 44, 28 p.

Lopes, B.C. (2005) Recursos vegetais usados por *Acromyrmex striatus* (Roger) (Hymenoptera, Formicidae) em restinga da Praia da Joaquina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22:372-382.

Nichols-Orians, C.M. (1991) Environmentally induced differences in plant traits: consequences for susceptibility to a leaf-cutter ant. *Ecology*, 78:1609-1623.

Pimenta, L.B., Araújo, M.S., Lima, R., Silva, J.M.S., Naves, V.G.O. (2007) 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* - Issn 1678-3867. Publicação Científica Da Faculdade De Agronomia e Engenharia Florestal de Garça/FAEF. Ano V, n, 09, Fevereiro de 2007. Periodicidade: Semestral.

Pizo, M.A., Oliveira, P.S. (2001) Size and lipid content of nonmyrmecochorous diaspores: effects on the interaction with litter-foraging ants in the Atlantic rain forest of Brazil. *Plant Ecology*, 157:37-52.

Quilan, R.J., Cherrett, J.M. (1979) The role of the fungus in the diet of the leafcutting ant *Atta cephalotes*. *Ecological Entomology*, 4:151-160.

Radambrasil (1983) Rio de Janeiro/Vitória; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra - SF. 23/24. Projeto RADAMBRASIL, Rio de Janeiro.

Röschard, J., Roces, F. (2003a) Cutters, carriers and transport chains: Distance-dependent foraging strategies in the grass-cutting ant *Atta vollenweideri*. *Insectes Sociaux*, 50:237-244.

Röschard J., Roces, F. (2003b) Fragment-size determination and size-matching in the grass-cutting ant *Atta vollenweideri* depend on the distance from the nest. *Journal of Tropical Ecology*, 19:647-653.

Sch lindwein, M.N. (2004) 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*, 15: 153-166.

Teixeira, M.C. (2007) Dispersão de sementes por *Atta robusta* Borgmeier 1939 (Hymenoptera: Formicidae) na restinga da Ilha de Guriri. Tese (Doutorado em Entomologia) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 72p.

Teixeira, M.C., Schoederer, J.H. (2003) The effect of plant cover on *Atta robusta*: (Hymenoptera: Formicidae) distribution in restinga vegetation. *Sociobiology*, 41:615-623.

Teixeira, M.C., Schoederer, J.H., Mayhé-Nunes, A.J. (2003) Geographic distribution of *Atta robusta* Borgmeier (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology*, 32:719-721.

Teixeira, M.C., Schoederer, J.H., Nascimento, J.T., Louzada, J.N.C. (2005). Response of ant communities to sand dune vegetation burning in Brazil (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 45:631-641.

Vasconcelos, H.L., Cherrett, J.M. (1996) The effect of wilting on the selection of leaves by the leaf – cutting ant *Atta laevigata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 78:215-220.

### 3.2. CAPACIDADE DE CARGA DAS DISTINTAS CLASSES DE OPERÁRIAS DE *Atta robusta* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) NO FORRAGEAMENTO

#### RESUMO

As operárias do gênero *Atta* apresentam alto grau de polimorfismo e são classificadas em castas de acordo com as funções específicas que exercem dentro da colônia. No ninho ocorre a divisão de tarefas onde as operárias menores (largura da cabeça  $\leq 2.0$  mm) executam a tarefa de manutenção e cultivo do fungo sobre o material vegetal e as operárias maiores (largura da cabeça  $> 2.0$  mm) cortam e transportam o fragmento vegetal. Este estudo procurou esclarecer quais as classes de operárias de *Atta robusta* classificadas por tamanho de cápsula de cefálica participam no transporte de diferentes recursos vegetais. As coletas foram realizadas na restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari, no município de São João da Barra, Rio de Janeiro. Coletaram-se amostras entre outubro/2009 a setembro/2010. A cada mês, 100 formigas e suas respectivas cargas foram coletadas das trilhas de quatro ninhos. As amostras eram individualizadas em vidros de Duran. As formigas e as cargas foram pesadas em balança de precisão e as cápsulas cefálicas das formigas foram medidas. Quanto maior o tamanho da formiga maior a média da massa do recurso transportado. As classes de operárias maiores transportaram mais frutos e sementes que outros recursos.

#### ABSTRACT

Worker ants from genus *Atta* are highly polymorphic and usually are classified into castes according to the specific functions performed in the colony. Minor workers (head width  $\leq 2.0$  mm) help to maintain and to grow the symbiotic fungus and the bigger workers (head width  $> 2.0$  mm) cut and transport the vegetal fragments. This study describe how different classes of *Atta robusta* workers classified by size of head capsule participate of cutting and transporting of deferent vegetal

resources explored by this ants. Experiments were carried out in the restinga from Grussaí/Iquipari, São João da Barra, Rio de Janeiro State. From October/2009 to September 2010 each month, were collected one hundred ants and their respective loads in the trails of four nests of *Atta robusta*. The samples were individually placed in glass Duran and then in the laboratory ants and their loads were weighed and the ants head capsule was measured. Larger ants transported heavier loads. These ants usually transported more fruits and seeds than the lower ants.

## INTRODUÇÃO

As formigas são consideradas insetos eusociais, ou seja, constituem colônias de indivíduos que apresentam a divisão de trabalho entre as castas reprodutivas e estéreis, cuidado cooperativo da prole e sobreposição de adultos no mesmo ninho (Hölldobler e Wilson, 1990). São insetos dominantes na maioria dos ecossistemas terrestres, sendo um dos grupos mais bem-sucedidos (Wilson, 1971).

As formigas cortadeiras do gênero *Atta*, conhecidas popularmente no Brasil como saúvas, são consideradas insetos de grande impacto econômico e ecológico devido à sua atividade de cortar grande quantidade de folhas (Fowler et al., 1989; Boaretto e Forti, 1997). O material vegetal cortado é transportado pelas operárias para o interior de seus ninhos subterrâneos e usado para cultivar o fungo simbiote que serve de alimento principalmente para as larvas da colônia (Hölldobler e Wilson, 1990).

Nesse gênero, os indivíduos apresentam alto grau de polimorfismo e são classificados em castas de acordo com as funções específicas que exercem dentro da colônia (Lima et al., 2001). Em *Atta sexdens*, as jardineiras, possuem cápsula cefálica de 0.8 a 1.0 mm e têm como tarefas cuidar do fungo, da prole e do tratamento final na implantação do substrato. As generalistas, cuja cápsula cefálica mede em torno de 1.4 mm de largura fazem várias tarefas como degradar matéria vegetal, assistir à prole durante a ecdise, cuidar da rainha, descartar lixo e reconstruir o fungo. As forrageadoras, cuja largura da cápsula cefálica varia de 2.0 a 2.2 mm exploram, cortam e transportam material vegetal para o ninho. As defensoras ou operárias máximas são as maiores, cuja largura da cápsula

cefálica mede em média 3.0 mm, defendem o ninho, mas também forrageiam e possuem mandíbulas grandes, o que facilita a tarefa de corte das folhas (Wilson, 1980). Divisão de castas também foi descrita em espécies do gênero *Acromyrmex*, mas nesse gênero o polimorfismo não é tão conspícuo como em *Atta* (Forti et al., 2004; Moreira et al., 2010).

O comportamento de desempenhar uma tarefa específica em função do tamanho do corpo da operária chama-se aloetismo (Wilson, 1980). Tal fenômeno pode ser utilizado como uma relação quantitativa para caracterizar o polietismo. Dentre as tarefas, o forrageamento e o cultivo do fungo apresentam uma forte correlação aloética, devido à mudança gradual nas habilidades com a redução corporal das operárias (Forti et al., 2004).

Todos os indivíduos de uma colônia de formigas compartilham o alimento que é levado para o ninho, mas nem todos os indivíduos saem para buscá-lo. As operárias forrageadoras que executam essa tarefa, freqüentemente são as mais velhas e de maior tamanho. O grande intervalo de tamanho das operárias permite que indivíduos se especializem em recursos de diferentes espessuras e resistência (Hölldobler e Wilson, 1990). Espécies de *Atta*, por apresentar alto grau de polimorfismo são capazes de cortar vários tipos de vegetação (Della Lucia e Oliveira, 1993).

O comportamento de forrageamento das saúvas envolve a seleção, corte e transporte do material vegetal para o ninho (Della Lucia e Oliveira, 1993). Röschard e Roces (2003), verificaram que fragmentos vegetais depois de cortados diretamente da fonte eram significativamente maiores do que os que prosseguiram na trilha, os fragmentos que seguiam na trilha eram cortados mais de uma vez até chegar ao ninho.

A espécie *Atta robusta* transporta para o ninho grande quantidade de frutos e sementes de diversas espécies de plantas durante todo o ano. De maneira geral, as saúvas transportam cargas com peso abaixo de sua capacidade corporal (Lighton et al., 1987; Wetterer, 1990; Kleineidam et al., 2007). Porém, no caso de *A. robusta*, a capacidade de carga de sementes possivelmente é aumentada devido ao comportamento de cooperação e da participação das operárias máximas ou soldados no transporte de sementes maiores (Teixeira, 2007). Embora as sementes transportadas por *A. robusta* sejam menores em relação

àquelas deixadas sob a planta-mãe (Valentim et al., 2007), é possível que essa diferença aumente sem a participação das operárias máximas (Teixeira, 2007).

Este estudo procurou esclarecer como as distintas classes de operárias de *A. robusta* participam no transporte dos recursos, se o tamanho da formiga tem influência sobre a massa da carga transportada e se ocorre especialização no transporte de recursos específicos nas diferentes classes de tamanho de forrageadoras. Testa-se a hipótese de que quanto maior a cápsula cefálica das operárias de *A. robusta* maior será a massa da carga transportada.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi realizado na restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari localizada no município de São João da Barra (21 44'S; 41 02'O), região norte do Estado do Rio de Janeiro. A região apresenta clima tropical subúmido a semi-árido. A precipitação pluviométrica média anual varia de 800 a 1.200mm. As maiores taxas de precipitação ocorrem nos meses de verão e as menores no inverno (RadamBrasil, 1983). Essa restinga se divide em quatro unidades fisionômicas: Formação Praial, Formação Praial com Moitas, Formação de *Clusia* e Formação Mata de Restinga. A composição florística da restinga de São João da Barra parece estar sujeita às influências de formações florestais adjacentes, como a Mata Atlântica de baixada e a Mata de Tabuleiro (Assumpção e Nascimento, 2000).

### Estabelecimento das classes de tamanho de operária

As operárias forrageadoras foram separadas por classes levando em consideração o tamanho da cápsula cefálica (Figura 1), as cápsulas cefálicas foram separadas por classes com diferença de um milímetro por classe. As operárias com a cabeça menor que 1 mm não foram consideradas nos testes, pois estavam em pequena quantidade. Obtiveram-se 5 classes de operárias forrageadoras com os seguintes tamanhos de cápsulas cefálicas:

- Classe 1 (1 a 2 mm);
- Classe 2 (2 a 3 mm);
- Classe 3 (3 a 4 mm);
- Classe 4 (4 a 5 mm) e
- Classe 5 (5 a 6 mm).

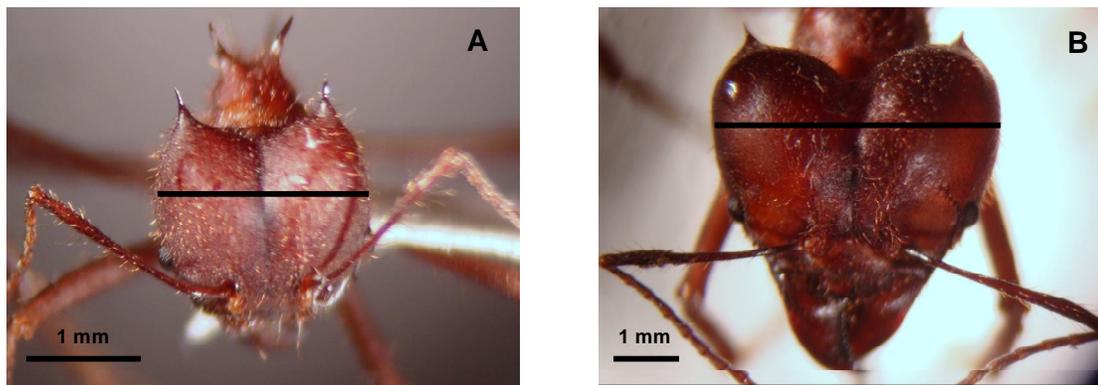


Figura 1. Operárias de *Atta robusta* da classe 1 com cápsula cefálica 1,85 mm (A) e da classe 4 com cápsula cefálica 4,45 mm (B). A linha contínua indica onde foi feita a medição da cápsula cefálica.

### **Relação do recurso transportado e tamanho das operárias de *Atta robusta***

Foram realizadas coletas mensais de formigas carregando recursos na trilha de quatro formigueiros situados na unidade fisionômica Formação Praial com Moitas. De cada ninho foram coletadas 100 formigas e suas cargas a 30 cm da entrada dos olheiros. As cargas e as formigas foram individualizadas em vidros de Duran e levadas para o Laboratório.

As coletas foram realizadas depois das 17:00 horas, pois ao anoitecer um importante fluxo do forrageamento já estava estabelecido.

O material coletado foi guardado na geladeira para reduzir perdas de massa por evaporação de água. A massa do material coletado foi medida em balança de precisão. Medições da cápsula cefálica das formigas foram feitas com um paquímetro digital. Para verificar a confiabilidade destas medições foi realizada uma comparação com medições feitas no microscópio estereoscópico binocular e ocular micrométrica (Wilson, 1980). Como não houve diferença optou-

se por utilizar a medição com o paquímetro por ser mais rápido e de fácil manuseio. As cargas transportadas pelas operárias foram classificadas como: folha, folha seca, flor, cladódio, fruto, semente, pedúnculo, broto e outros.

### **Análise dos dados**

Para comparar a massa da carga com o tamanho da cápsula cefálica das formigas utilizou-se a Análise de Variância (ANOVA) e para comparar as médias utilizou-se o teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Para verificar se ocorre uma especialização no transporte de certos recursos de acordo com a classe de operária foram feitas comparações usando o teste  $\chi^2$  a 1% de probabilidade. Para constatar se ocorre uma especialização das classes de operárias no transporte de alguns recursos como cladódio, fruto e semente foram analisadas as coletas somente dos ninhos quando esses recursos estavam sendo forrageados. Contabilizou o total de frutos e sementes forrageados e o total de outros recursos e foi comparado pelo teste  $\chi^2$  com cada classe que forrageou frutos e sementes e outros recursos. A mesma comparação foi feita com o recurso cladódio.

## **RESULTADOS**

As forrageadoras de *A. robusta* foram classificadas em 5 classes de acordo com o tamanho da cápsula cefálica que variou entre 0.95 mm a 5.62 mm. Obtiveram-se 5 classes de operárias forrageadoras com os seguintes tamanhos de cápsulas cefálicas: classe 1 (1 a 2 mm), classe 2 (2 a 3 mm), classe 3 (3 a 4 mm), classe 4 (4 a 5 mm) e classe 5 (5 a 6 mm).

A maioria das forrageadoras presentes nas trilhas foram das classes 1 e 2, essas duas classes juntas representaram 95% de todas as formigas coletadas (Figura 2).

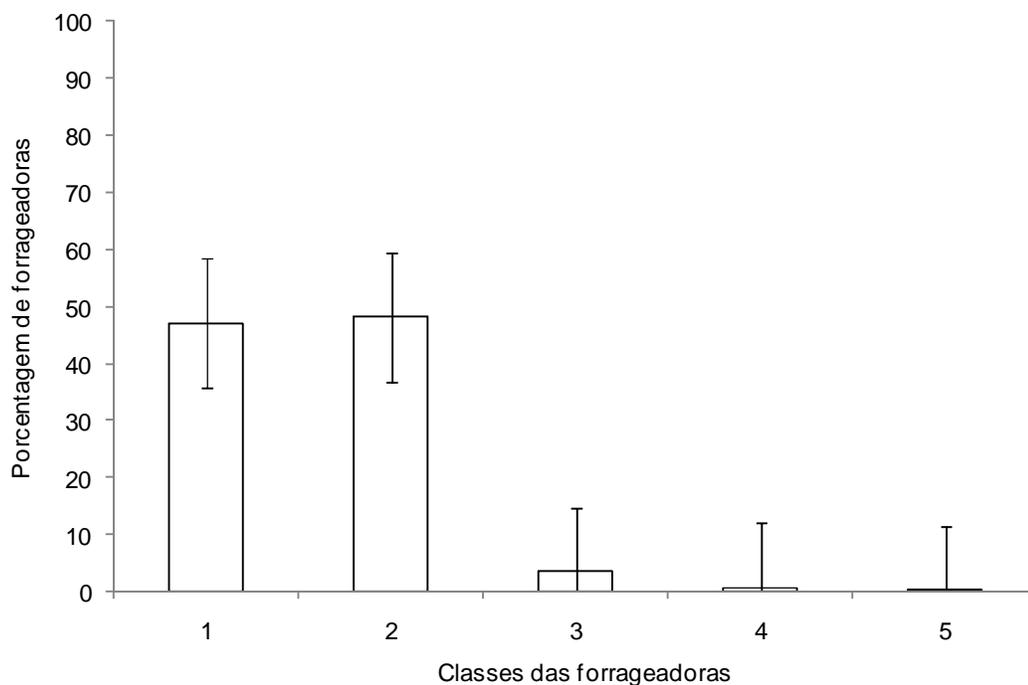


Figura 2. Porcentagem e desvio padrão de operárias de *Atta robusta* de diferentes classes de tamanho que forragearam durante um ano na restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari. Classe 1 (cápsula cefálica de 1 a 2 mm), classe 2 (cápsula cefálica de 2 a 3 mm), classe 3 (cápsula cefálica de 3 a 4 mm), classe 4 (cápsula cefálica de 4 a 5 mm) e classe 5 (cápsula cefálica de 5 a 6 mm).

Verificou-se diferença significativa na massa da carga transportada pelas classes das operárias (ANOVA,  $F = 243,26$ ,  $p < 0,01$ ).

As classes 1, 2 e 5 transportam cargas com diferentes massas ( $p < 0,01$ ). Quanto maior a cápsula cefálica da formiga maior a massa do fragmento vegetal transportado, entretanto as classes 3 e 4 não diferem na massa da carga transportada ( $p = 0,69$ ) (Figura 3).

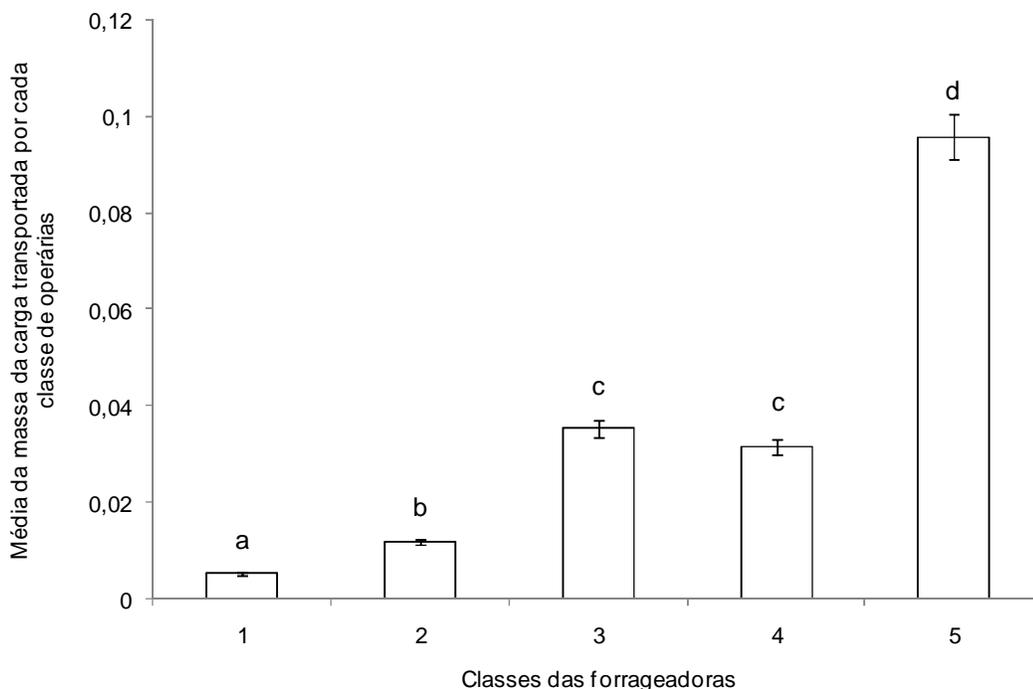


Figura 3. Média e desvio padrão da massa da carga transportada das classes de forrageadoras de *Atta robusta* na restinga do complexo lagunar Grussaí/IQUIPARI. Classe 1 (cápsula cefálica de 1 a 2 mm), classe 2 (cápsula cefálica de 2 a 3 mm), classe 3 (cápsula cefálica de 3 a 4 mm), classe 4 (cápsula cefálica de 4 a 5 mm) e classe 5 (cápsula cefálica de 5 a 6 mm). Letras diferentes indicam diferença significativa, pelo teste de Tukey,  $p < 0,01$ .

Verificou-se que todas as classes transportaram os diferentes tipos de material vegetal seja, folhas, flor, fruto, semente, cladódio e etc. Duas operárias com a cápsula cefálica de 0 a 1 mm não transportaram nem frutos e nem sementes, transportaram apenas folha. Por essa razão, essas duas formigas com a cápsula cefálica inferior a 1 mm não foram consideradas nas avaliações quanto à especificidade de transporte dos recursos fruto, semente e cladódio.

Para verificar a ocorrência de especialização das operárias no transporte de alguns recursos como fruto, semente ou cladódio foram analisadas as coletas somente dos ninhos quando esses recursos estavam sendo forrageados.

Nos ninhos que transportaram frutos e sementes estes corresponderam a 8% de todos os recursos forrageados. Verificou-se que as operárias da classe 3 ( $\chi^2 = 75,13$ ;  $p < 0,0001$ ), da classe 4 ( $\chi^2 = 5,44$ ;  $p < 0,0197$ ) e da classe 5 ( $\chi^2 = 44,78$ ;  $p$

< 0,0001) transportaram mais frutos e sementes do que outros recursos. Desta forma, verifica-se que quando a colônia explora uma fonte de substrato que possui os recursos frutos ou sementes, as operárias maiores (classe 3, 4 e 5) transportam preferencialmente esses recursos (Figura 4). As forrageadoras pertencentes à classe 2, por apresentar maior quantidade de operárias, são importantes transportadoras de frutos na restinga (Figura 5).

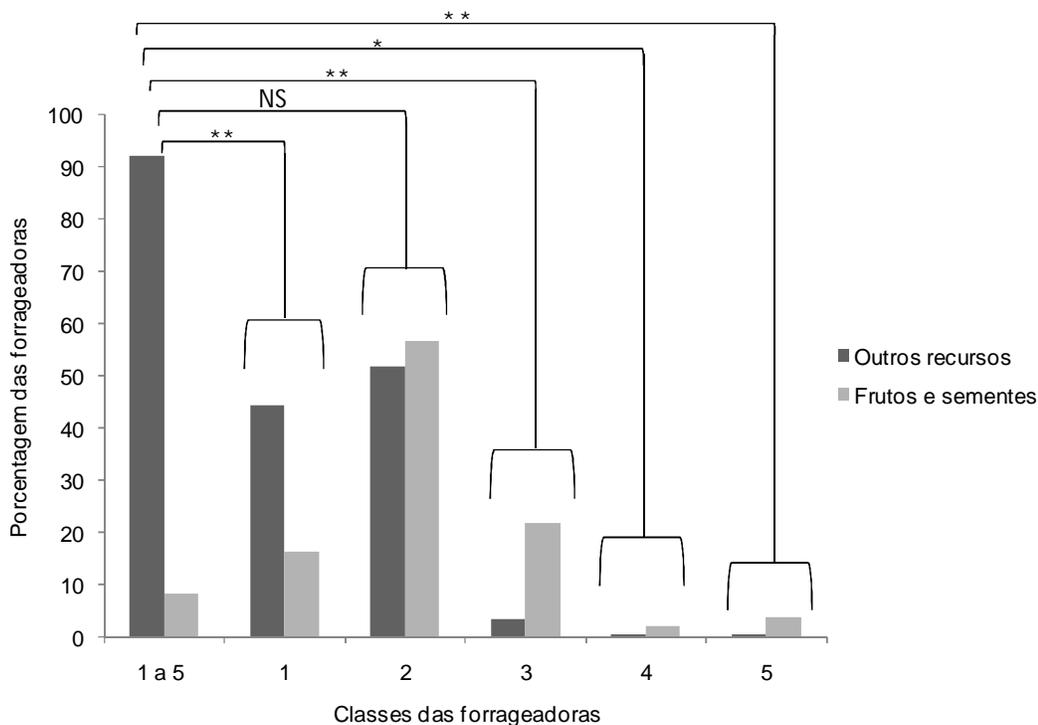


Figura 4. Porcentagem de forrageadoras de *Atta robusta* que transportaram frutos e sementes comparado com as que transportaram outros recursos. Comparou-se o total de forrageadoras das classes 1 a 5 com o total de cada classe de forrageadoras que transportaram frutos e sementes e de outros recursos, NS= não observou diferença significativa pelo teste  $\chi^2$ , \* diferença significativa,  $p \leq 0,05$  e \*\* diferença significativa,  $p < 0,0001$ . A classe 1 ( $\chi^2 = 21,13$  e  $p < 0,0001$ ), a classe 2 ( $\chi^2 = 0,39$  e  $p = 0,53$ ), a classe 3 ( $\chi^2 = 75,13$  e  $p < 0,0001$ ), a classe 4 ( $\chi^2 = 5,44$  e  $p < 0,0197$ ) e a classe 5 ( $\chi^2 = 44,78$  e  $p < 0,0001$ ).



Figura 5. Operária de *Atta robusta* pertencente à classe 2 transportando fruto na restinga do complexo lagunar Grussaí/Iquipari.

Nos ninhos que as formigas coletaram cladódio, estes corresponderam à aproximadamente 30% de todos os recursos forrageados. As operárias da classe 4 transportaram significativamente mais cladódio do que outros recursos. Verificou-se que as operárias maiores tendem a se especializar no transporte desse recurso, pois as outras classes de tamanho de operárias transportaram mais outros recursos, principalmente folhas. (Figura 6).

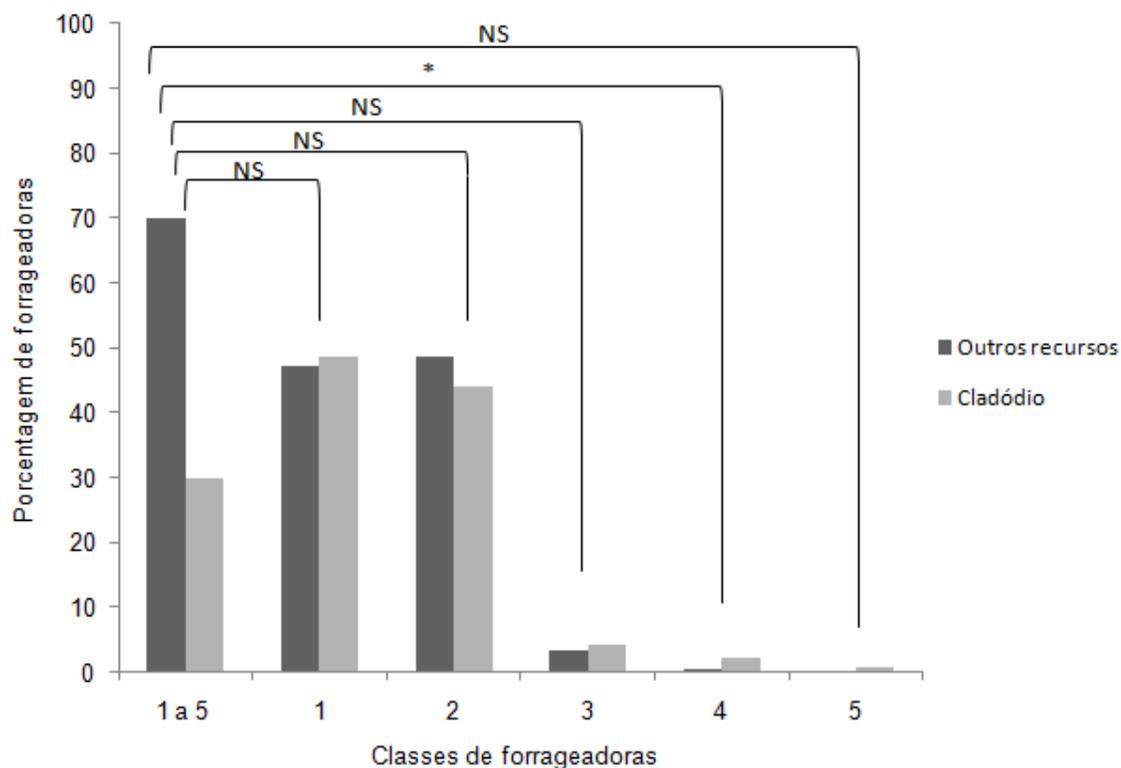


Figura 6. Porcentagem de forageadoras de *Atta robusta* que transportaram cladódio comparado com as que transportaram outros recursos. Comparou-se o total de forageadoras das classes 1 a 5 com o total de cada classe de forageadoras que transportavam cladódio e outros recursos, NS = não observou diferença significativa pelo teste  $\chi^2$ , \* diferença significativa,  $p < 0,05$ . A classe 1 ( $\chi^2 = 0,07$  e  $p = 0,79$ ), classe 2 ( $\chi^2 = 0,60$  e  $p = 0,43$ ), classe 3 ( $\chi^2 = 0,44$  e  $p = 0,50$ ), classe 4 ( $\chi^2 = 5,69$  e  $p < 0,0171$ ) e classe 5 ( $\chi^2 = 0,76$  e  $p = 0,38$ ).

## DISCUSSÃO

As formigas são consideradas insetos eusociais, ou seja, constituem colônias de indivíduos que apresentam a divisão de trabalho entre as castas reprodutivas e estéreis, o cuidado cooperativo da prole e sobreposição de adultos no mesmo ninho (Hölldobler e Wilson, 1990). Colônias de *Acromyrmex octospinosus* operárias maiores (largura da cabeça  $> 2.0$  mm) cortam e transportam o fragmento vegetal para o ninho (Muscedere et al., 2011). No

campo, a maioria das operárias de *A. robusta* que estavam forrageando nas trilhas foram da classe 1 e 2 (largura da cabeça entre 1 a 3 mm).

Uma explicação para a divisão de tarefas dentro da colônia pode ser o polietismo etário, no qual as operárias jovens executam as tarefas dentro do ninho e as mais velhas saem para forragear (Hölldobler e Wilson, 1990). Outros fatores, como tamanho de colônia e distribuição do tamanho da operária, também podem afetar a divisão de tarefas no ninho. Em uma colônia jovem de *Acromyrmex octospinosus* o tamanho da cápsula cefálica das forrageadoras foi em média de 1,6 mm, nesse caso ocorreu baixo padrão de polietismo quando comparado com uma colônia adulta (Roces e Hölldobler, 1994). As colônias do gênero *Atta* têm menor número de indivíduos grandes forrageando, a maioria das operárias é de tamanho médio (Wilson, 1985). *A. robusta* também apresentou entre as forrageadoras esse padrão de distribuição das castas. Isso ficou demonstrado pela grande quantidade de operárias da classe 1 e 2 entre as forrageadoras amostradas nas trilhas ao longo de um ano de amostragem.

As operárias maiores de *A. robusta* que pertencem à classe 5 (cápsula cefálica 5 a 6 mm) transportaram cargas de massa significativamente maior quando comparada às demais classes. Segundo Kleineidam et al. (2007), operárias maiores transportam cargas de massa maior. No gênero *Atta* por ocorrer alto grau de polimorfismo, as operárias maiores teriam proporcionalmente mais eficiência em termos de retorno energético para compensar o maior gasto na sua produção (Hölldobler e Wilson, 1990). Em *Atta cephalotes* operárias de tamanhos maiores se especializam em folhas de diferentes espessuras e dureza explorando folhas de uma grande diversidade de plantas. Porém, as forrageadoras de *Acromyrmex octospinosus* por possuírem menor tamanho cortam uma pequena variedade de plantas (Wetterer, 1992). O forrageamento de folhas em *Atta vollenweideri* foi dividido em pelo menos duas fases, as formigas grandes que cortam a fonte e as formigas menores que levam os fragmentos para o ninho (Röschard e Roces, 2003).

De maneira geral, as saúvas transportam cargas com o peso abaixo de sua capacidade corporal (Lighton et al., 1987; Wetterer, 1990; Kleineidam et al., 2007). Porém, no caso de *A. robusta*, a capacidade de carga de sementes possivelmente é aumentada devido ao comportamento de cooperação e da participação das operárias máximas no transporte de sementes maiores (Teixeira,

2007). Foi comprovado no presente trabalho que forrageadoras de maior tamanho, ou seja, das classes 3, 4 e 5 transportaram preferencialmente frutos e sementes que outros recursos.

As operárias máximas são responsáveis pela defesa da colônia, mas podem também cortar folhas. Apresentam cápsula cefálica e mandíbulas bem desenvolvidas (Holldobler e Wilson, 1990; Evison, 2007). Em *A. robusta*, as operárias máximas da classe 4 participam do corte do cladódio de *Cereus fernambucensis* Lem. (Cactaceae) e proporcionalmente coletaram mais cladódio que outros recursos. O cladódio possui uma parte externa mais dura e necessita de operárias com mandíbulas maiores para cortar esse tipo de recurso. Durante o corte de *Cereus fernambucensis* Lem. (Cactaceae) constatou-se que as operárias maiores (soldados) cortavam a parte externa do cladódio que é a mais dura, e as forrageadoras médias das classes 1 e 2 coletavam material da parte interna mais fácil de retirar. Esses resultados reforçam a idéia de que o polimorfismo da colônia é um fator importante para que as colônias possam explorar uma maior diversidade de recursos. Além disso, permite à colônia responder mais eficientemente às mudanças na qualidade dos recursos disponíveis.

A estratégia de forrageamento verificada nessa planta foi do tipo individual, isto é, a mesma operária que retirava as fibras também as carregava para o ninho, explica o fato das operárias maiores da classe 4 terem transportado significativamente mais cladódio do que outros recursos, quando essa fonte foi explorada. Quando a estratégia de forrageamento é do tipo em cadeia, os fragmentos são cortados mais de uma vez, o que possibilita o transporte destes por operárias menores, como o verificado em *Atta vollenweideri* que os fragmentos depois de cortados diretamente da fonte eram significativamente maiores que os que prosseguiram na trilha, os que percorriam a trilha foram cortados mais de uma vez até chegar ao ninho (Röschard e Roces, 2003; Moll et al., 2010).

As operárias de *A. robusta* que carregaram frutos e sementes possuíam significativamente maiores cápsulas cefálicas. A movimentação de frutos e sementes pelas operárias das classes 3, 4 e 5 reforçam a hipótese de Teixeira, (2007) de que as operárias máximas de *A. robusta* são responsáveis pelo transporte de maiores sementes de diversas espécies de plantas da restinga e, por isso, devem desempenhar um papel importante no ecossistema, além da

defesa da colônia, ajudando na dispersão de sementes no ecossistema de restinga. Christianini e Oliveira (2009) verificaram que a maioria dos frutos caídos de plantas foram removidos por algumas espécies de formigas cortadeiras que desempenharam um papel relativamente importante em termos da quantidade de sementes dispersas, especialmente para as plantas que possuíam frutos pequenos. Essas formigas cortadeiras dispersam sementes que se encontram debaixo da planta-mãe ou que deixaram de ser dispersas por outros animais. Este trabalho demonstrou que as operárias maiores se especializaram no transporte de frutos e sementes, e por isso essas operárias máximas têm um importante papel na exploração desses recursos.

Dessa forma, este estudo contribuiu para evidenciar a importância da formiga *A. robusta* no ecossistema de restinga e que essa espécie deverá ser considerada em futuros programas de manejo e conservação dessas áreas.

## CONCLUSÕES

- Operárias maiores de *A. robusta* transportaram proporcionalmente cargas de massa maior;
- Operárias máximas (classe 4) participaram do forrageamento de cladódio de *Cereus fernambucensis* Lem. (Cactacea). Essa especialização da classe 4 pode ter ocorrido, pois a parte externa era mais dura necessitando de indivíduos com mandíbulas desenvolvidas para o corte;
- A classe de operária com maior número de indivíduos nas trilhas de forrageamento foram as classes 1 e 2 (cuja cápsula cefálica variou de 1 a 3 mm) ;
- Proporcionalmente as classes 3, 4 e 5 forragearam mais frutos e sementes que outros recursos, frutos e sementes transportados, normalmente possuíam maior massa do que os demais recursos;
- As operárias máximas além de fazerem a defesa da colônia, participaram do corte de cladódio e do transporte de frutos e sementes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assumpção, J., Nascimento, M.T. (2000) Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de Restinga no complexo lagunar Grussaí / Iguipari, São João da Barra, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 14:301-315.

Boaretto, M.A.C., Forti, L.C. (1997) Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. Série técnica IPEF, São Paulo, v. 11, n. 30, p. 31-46.

Christianini, A.V., Oliveira, P.S. (2009) The relevance of ants as seed rescuers of a primarily bird-dispersed tree in the Neotropical cerrado savanna. *Oecologia*, 160: 735-745.

Della Lucia, T.M.C., Oliveira, P.S. (1993) Forrageamento. *In*: Della Lucia, T.M.C. (ed.). *As formigas cortadeiras*, p. 84-105. Ed. Folha de Viçosa, 262p.

Evison, S.E.F., Ratrieks, F.L.W. (2007) New role for majors in *Atta* leafcutter ants. *Ecological Entomology*, 32, 451–454.

Forti, L.C., Camargo, R.S., Matos, C.A.O., Andrade, A.P.P., Lopes, J.F. (2004) Aloetismo em *Acromyrmex subterraneus brunneus* Forel (Hymenoptera, Formicidae), durante o forrageamento, cultivo do jardim de fungo e devolução dos materiais forrageados. *Revista Brasileira de Entomologia*, 48:59-63.

Fowler, H.G., Pagani, M.I., Silva, O.A., Forti, L.C., Silva V.P., Vasconcelos, H.L. (1989). A pest is a pest is a pest? The dilemma of Neotropical leaf-cutting ants: keystone taxa of natural ecosystems. *Environ. Manag.* 13:671-675.

Hölldobler, B., Wilson, E.O. (1990) The ants. The Belknap Press of Harvard University, Cambridge, Massachusetts. 732 p.

Kleineidam, C.J., Rössler, W., Hölldobler, B., Roces F. (2007) Perceptual differences in trail-following leaf-cutting ants relate to body size. *Journal of Insect Physiology*, 53:1233-1241.

Lighton, J.B.R., Bartholomew, G.A., Feener Jr, D.H. (1987) Energetics of locomotion and load carriage and a model of the energy cost of foraging in the leaf-cutting ant, *Atta colombica*. *Guer. Physiological Zoology*, 60:524-537.

Lima, C.A., Della Lucia, T.M.C., Silva, N.A. (2001) Formigas cortadeiras biologia e controle. Boletim de Extensão da Universidade Federal de Viçosa. N° 44, 28 p.

Moll, K., Roces, F., Federle, W. (2010) Foraging grass-cutting ants (*Atta vollenweideri*) maintain stability by balancing their loads with controlled head movements. *J. Comp. Physiol. A*. 196:471-480.

Moreira, D.D.O., Viana- Bailez, A.M., Erthal Jr., M., Bailez, O., Carrera M.P., Samuels, R.I. (2010) Resource allocation among worker castes of the leaf-cutting ants *Acromyrmex subterraneus subterraneus* through trophallaxis. *Journal of Insect Physiology*. 56:1665-1670.

Muscedere, M.L., Berglund, J.L., Traniello, J.F.A. (2011) Polymorphism and Division of Labor During Foraging Cycles in the Leaf-cutting Ant *Acromyrmex octospinosus* (Formicidae; Attini). *J. Insect. Behav.* 24:94-105.

Radambrasil (1983) Rio de Janeiro/Vitória; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra - SF. 23/24. Projeto RADAMBRASIL, Rio de Janeiro.

Roces, F., Hölldobler, B. (1994) Leaf density and a trade-off between load-size selection and recruitment behavior in the ant *Atta cephalotes*. *Oecologia*, 97:1-8.

Röschard J., Roces, F. (2003) Fragment-size determination and size-matching in the grass-cutting ant *Atta vollenweideri* depend on the distance from the nest. *Journal of Tropical Ecology*, 19:647-653.

Teixeira, M.C. (2007) Dispersão de sementes por *Atta robusta* Borgmeier 1939 (Hymenoptera: Formicidae) na restinga da Ilha de Guriri. Tese (Doutorado em Entomologia) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 72p.

Valentim, C.L., Mota-Andrade, J.V., Teixeira, M.C. Schoederer, J.H. (2007) Do *Atta robusta* (Hymenoptera: Formicidae) Ants Prefer Small Seeds? *Sociobiology*, 50:1-7.

Wetterer, J.K. (1990) Load size determination in the leaf-cutting ant, *Atta cephalotes*. *Behavioral Ecology*, 1:95-101.

Wetterer, J.k. (1992) Foraging ecology of the leaf-cutting ant *Acromyrmex octospinosus* in a Costa Rican rain forest. *Psyche*, 98:361-371.

Wilson, E.O. (1971) The insects societies. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 548 p.

Wilson, E.O. (1980) Caste and division of labor in leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae: Atta) - I. The overall pattern in *A. sexdens*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 7:143-156.

Wilson, E.O. (1985) The sociogenesis of insect colonies. *Science*, 228:1489-1495.