

MARCOS DA CUNHA TEIXEIRA

**DISPERSÃO DE SEMENTES POR *Atta robusta* BORGMEIER, 1939
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE) NA RESTINGA DA ILHA DE GURIRI-ES**

**Tese apresentada à Universidade Federal
de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Entomologia,
para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007**

MARCOS DA CUNHA TEIXEIRA

**DISPERSÃO DE SEMENTES POR *Atta robusta* BORGMEIER, 1939
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE) NA RESTINGA DA ILHA DE GURIRI-ES**

**Tese apresentada à Universidade Federal
de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Entomologia,
para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.**

APROVADA: 30 de março de 2007.

Prof^ª. Terezinha M. C. Della Lúcia

Prof^ª. Tânia Maria Fernandes Salomão

Prof^ª. Flávia Maria da Silva Carmo

Prof. Júlio Neill Cassa Louzada

**Prof. José Henrique Schoereder
(Orientador)**

Aos meus pais, José Teixeira e Etelvina da Cunha Teixeira, que não tiveram a oportunidade de “conhecer as letras”, mas foram meus maiores mestres na escola da vida.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização deste curso,

Ao meu Orientador, José Henrique Schoereder, pela amizade, paciência e confiança depositada em mim na realização deste trabalho;

A Júlio Neil C. Louzada, pelos incentivos primeiros e por mostrar os caminhos até a conquista deste objetivo;

Aos membros da Banca Examinadora, pelas valiosas contribuições ao manuscrito;

Aos Professores da Ecologia Vegetal, João Meira Neto, Flavia Maria Carmo e, em especial, ao Professor Alexandre Francisco da Silva (*in memoriam*), pela valiosa contribuição em minha formação;

À minha esposa Ana Paula Agizzio, pelo amor que sustentou sua compreensão durante esta empreitada e continua nutrindo nossa parceria nesta vida;

Aos meus filhos, Marcos Vinicius, Pedro e Ana Luiza, que suportaram algumas privações em consequência de minha busca por esta conquista;

A Marcos Giovanelli, Fabiola Endringer, João Luiz C. Teixeira e Manoel Bernardo Neto, pelas contribuições nos trabalhos de campo;

A todos os amigos do Laboratório de Ecologia de Comunidades de Formigas, pelas contribuições em todas as fases deste estudo;

À Iracenir Andrade, à Yhan Andrade dos Santos Farias (e Dudu), pela inestimável amizade que construímos nesse período;

À Carla Rodrigues Ribas e à Eduarda Rodrigues Ribas, pela eterna amizade e companhia nos “botecos da vida” para amenizar o stress;

Ao Rogério Ferreira Ribas, pelo apoio logístico nas idas e vindas;

Ao Centro Cultural José Bahia, pelo apoio logístico nos testes de germinação;

Ao Centro de Estudos e Pesquisas Ambientais e Culturais – CEPES – ,pela logística nos trabalhos de Campo;

À Reserva Florestal de Linhares/CVRD, pelas contribuições na identificação do material vegetal;

À D. Paula e à Miriam pela paciência e sem as quais minha vida acadêmica seria um caos em face das obrigações burocráticas necessárias ao bom andamento da Pós-Graduação;

Aos professores e aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, pela boa convivência e presteza no atendimento;

Aos colegas da pós-graduação em Ecologia Vegetal pela amizade, pelas valiosas contribuições em minha formação e pelas reuniões regadas com muita alegria por estarmos juntos;

À Direção das Faculdades Integradas Norte Capixaba – FANORTE – ,pela compreensão que permitiu as flexibilidades nos horários de trabalho;

Aos colegas de trabalho das Faculdades Integradas Norte Capixaba – FANORTE – , pela convivência e incentivo;

A toda minha família, pelo apoio incondicional na minha busca por essa formação;

A todos aqueles que de alguma forma colaboraram para que esta etapa de minha vida se concretizasse;

A todos os brasileiros que tiveram sua oportunidade negada para que eu pudesse chegar até aqui.

BIOGRAFIA

Marcos da Cunha Teixeira é Biólogo, formado pela Universidade Federal do Espírito Santo em 1997. No mesmo ano, ingressou-se no Mestrado em Entomologia pela Universidade Federal de Viçosa-MG. Após o mestrado, dedicou-se ao ensino superior, atuando como docente nas Faculdades Integradas Norte Capixaba – FANORTE – e na Universidade Federal do Espírito Santo. Nesse período, o foco de suas pesquisas esteve voltado para as questões sócio-ambientais da Região Norte do Espírito Santo. Em 2003, iniciou seu Programa de Doutorado em Entomologia pela Universidade Federal de Viçosa, tendo concluído o curso em março de 2007.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
Introdução geral.....	1
2. O uso de frutos e sementes por <i>Atta robusta</i> (Hymenoptera: Formicidae) na Restinga da Ilha de Guriri-ES.	8
3. Efeito do tamanho da carga sobre a distância de dispersão de sementes por <i>Atta robusta</i> (Hymenoptera: Formicidae).	28
4. Seed dispersal by <i>Atta robusta</i> Borgmeier (Hymenoptera: Formicidae): implications to germination, seed predation and seedling survival in the Restinga.	48
5. Conclusões gerais.....	72

RESUMO

TEIXEIRA, Marcos da Cunha, D. Sc. Universidade Federal de Viçosa, março de 2007.
Dispersão de sementes por *Atta robusta* Borgmeier, 1939 (Hymenoptera: Formicidae) na restinga da Ilha de Guriri- ES. Orientador: José Henrique Schoereder. Co-orientadores: Angelo Pallini Filho e Og Francisco F. de Souza.

Este estudo caracterizou o uso de frutos e sementes por *Atta robusta* Borgmaier, 1939 e os efeitos dessa atividade sobre a germinação, predação de sementes e sobrevivência de plântulas. Os estudos foram conduzidos no período de abril de 2005 a março de 2006 na restinga da Ilha de Guriri, no Norte do Espírito Santo. Verificou-se que *A. robusta* utiliza frutos e sementes de pelo menos 35 espécies durante todo o ano, e tais sementes são levadas para os ninhos no interior do solo. Essa atividade promove a dispersão secundária das sementes de diversas espécies de plantas. Além disso, as formigas promovem a retirada da estrutura que recobre as sementes (polpa ou arilo) para, em seguida, devolvê-las para a superfície do solo onde são descartadas em pilhas nas proximidades dos ninhos. As operárias de *A. robusta* apresentam um limite de capacidade de carga e transportam sementes menores por maiores distâncias. Esse padrão repetiu-se mesmo entre sementes de uma mesma planta, apesar da pequena variação no tamanho das sementes. Esses resultados indicam que o tamanho das sementes é um fator importante na sua dispersão secundária por *A. robusta*. Sementes manipuladas por *A. robusta* germinaram mais eficientemente que sementes não manipuladas ou cuja polpa foi retirada manualmente. Sobre os ninhos de *A. robusta*, a predação de sementes foi menor e a densidade de plântulas foi significativamente maior que sob as plantas adultas para todas as espécies estudadas. Para *Protium heptaphyllum*, esse padrão se manteve mesmo após 12 meses de observação. O maior sucesso de germinação das sementes manipuladas por *A. robusta* pode ser conseqüência da redução do ataque por fungos patogênicos devido à limpeza promovida pelas formigas. É possível, ainda, que as formigas promovam a escarificação das sementes, facilitando a entrada de água. A menor predação de sementes sobre os ninhos foi atribuída à menor atividade dos predadores nesses locais, onde a densidade de sementes é menor. As diferenças na sobrevivência das plântulas sobre os ninhos e sob as plantas adultas foram atribuídas aos efeitos da densidade que agiram diferentemente em cada local. Sobre os ninhos, é possível que as plântulas que sobrevivem aos efeitos da densidade sejam beneficiadas pela maior concentração de nutrientes, conforme já registrado para outras

saúvas. Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que *A. robusta* representa um importante dispersor secundário de sementes e pode desempenhar importantes papéis na dinâmica das populações de plantas nos ecossistemas de restingas.

ABSTRACT

TEIXEIRA, Marcos da Cunha, D. Sc. Universidade Federal de Viçosa, March, 2007. **Seeds dispersal by *Atta robusta* Borgmeier, 1939 (Hymenoptera: Formicidae) in restinga forest Guriri Island, Brazil.** Adviser: José Henrique Schoereder. Co-advisers: Angelo Pallini Filho e Og Francisco F. de Souza.

.This thesis characterized the use of fruits and seeds by *Atta robusta* Borgmeier, 1939, and the effects on the germination, seeds predation and seedlings survival. Fieldwork was carried out in the Guriri Island (18°43'S, 39°45'W), São Mateus, Espírito Santo State, Southeast Brazil, from March 2005 to March 2006. *A. robusta* was foraging 35 species of fruits and seeds during the studies period. First the ants carry the seeds into their nests. After some time the ants remove the seeds from their nests onto the soil surface, promoting the secondary seeds dispersal. The seeds are placed on refusal piles on the soil. The results showed smaller seeds species are removed through longer distances. These results also verified what kinds of seeds were loaded. The results suggest the seeds load by *A. robusta* importance as secondary seed dispersal. Seeds manipulated by *A. robusta* germinated more efficiently than non-manipulated seeds. On the nests, seeds predation was smaller and the seedlings density higher in comparison with other species of adult plants. The higher germination index may be, possibly, a consequence of the pulp removal by *A. robusta*. This procedure reduced the pathogenic fungus and promoted the seeds scarification, increasing the water absorbance. The minor seeds predation over the nests can attributed to smaller predator activities at this sites where the seed density is smaller. The differences on the seedlings survival can be due to density effects. Possibly, the higher nutrient concentrations beneficiate the seedlings. These results were also registered by *A. laevigata* studies in Amazon forests. We concluded that *A. robusta* is an important instrument in seeds secondary dispersal as well as it can play a significant role on Restinga Forests ecosystems dynamic.

1. Introdução geral

As formigas do gênero *Atta* (Hymenoptera: Formicidae) estão distribuídas desde o sul dos Estados Unidos (latitude 33° N) até o centro da Argentina (latitude 33° S) (Mariconi, 1970). A importância ecológica e econômica desse grupo de insetos reside na sua atividade de cortar folhas, flores e frutos, comparável aos grandes herbívoros mamíferos (Amante, 1967). O material vegetal cortado é usado como substrato para um fungo cultivado dentro dos ninhos que serve de alimento para as formigas (Hölldobler & Wilson, 1990). No Brasil as espécies do gênero *Atta* são conhecidas popularmente como saúvas e várias espécies invadem os sistemas agrícolas causando sérios danos econômicos. Isso tem justificado a realização de estudos sobre sua biologia para o desenvolvimento de estratégias de combate às colônias.

Embora as folhas representem o principal material forrageado pelas saúvas, os frutos constituem uma parcela significativa dos recursos utilizados como substrato para o fungo simbiótico (Dalling & Wirth, 1998; Leal & Oliveira, 2000). Diversos estudos têm dedicado atenção às interações das saúvas com frutos e sementes (Horvitz & Schemske, 1986; Leal & Oliveira, 1993; Dalling & Wirth, 1998; Leal & Oliveira, 1998; Gorb *et al.*, 2000; Pizo & Oliveira, 2001; Passos & Oliveira, 2002; 2003; Peternelli *et al.*, 2003; Moutinho *et al.*, 2003; Passos & Oliveira, 2004; Pizo *et al.*, 2004;). Porém, os efeitos dessas interações na biologia das plantas ainda são pouco compreendidos (veja Farji-Brener & Illes, 2000).

No Brasil tem sido registrada a ação de saúvas promovendo a germinação ou dispersão de sementes de várias espécies de plantas em Floresta Atlântica (Pizo & Oliveira, 1998), Floresta Semidecídua (Oliveira *et al.*, 1995, Passos e Ferreira, 1996) e Cerrado

(Leal & Oliveira, 1998, 2000). Porém, não há informações sobre as interações das saúvas com frutos e sementes em ambientes de Restingas.

Algumas espécies de saúvas não invadem sistemas agrícolas e, por isso, não têm merecido a atenção dos pesquisadores (Fowler, 1995), como tem sido o caso de *Atta robusta* Borgmeier, 1939. Essa espécie foi indicada como endêmica da Baixada Fluminense por Fowler (1995) e Gonçalves & Nunes (1984) indicaram sua ocorrência nas Restingas do Rio de Janeiro, desde São João da Barra até Marambaia. Teixeira *et al* (2004) registraram pela primeira vez a ocorrência de *A. robusta* fora do estado do Rio de Janeiro. Após revisão bibliográfica, museográfica e diversas incursões ao campo Teixeira *et al* (2003) verificaram que *A. robusta* está distribuída pelo menos nas Restingas dos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. A ausência de registros sobre sua ocorrência em outros ambientes sugere que *A. robusta* é uma espécie endêmica dos ecossistemas de Restingas (Teixeira *et al.*, 2003).

Fowler (1995) sugere que as populações de *A. robusta* da Baixada Fluminense não estão se renovando devido às modificações ambientais promovidas pelo homem. É possível que isso esteja ocorrendo porque as colônias dependem da cobertura vegetal das restingas para manterem a temperatura e a umidade necessárias ao cultivo do fungo simbiótico (Teixeira & Schoereder, 2003). A ausência de ninhos de *A. robusta* em áreas com histórico de fogo na Restinga da Ilha de Guriri (Teixeira *et al.*, 2005) reforça essa hipótese. Esses aspectos ecológicos aliados à velocidade com que os ambientes de Restingas vêm sendo degradados justificaram a inclusão de *A. robusta* na lista oficial das espécies brasileiras ameaçadas de extinção.

Os únicos registros sobre a interação de formigas com frutos e sementes em Restingas brasileiras são referentes ao Estado de São Paulo (Passos & Oliveira, 2002; 2003; 2004). Esses estudos não registraram a participação das saúvas nesse processo e sugerem que essas formigas não tem importância como vetor de sementes nas Restingas. No entanto, Fowler (1995) menciona a inclusão de frutos entre os recursos forrageados por *A. robusta* nas Restingas do Rio de Janeiro. Esse tipo de interação também foi verificado por Teixeira & Schoereder (não publicado) durante os trabalhos de campo desenvolvidos com *A. robusta* na Ilha de Guriri, Norte do Espírito Santo. Portanto, é possível que *A. robusta* desempenhe papéis importantes como dispersora de sementes nesses ambientes.

O objetivo geral deste estudo foi investigar o potencial de *A. robusta* como agente dispersor de sementes e seus efeitos na germinação, predação de sementes e sobrevivência de plântulas nas Restingas. Os resultados desse estudo estão apresentados aqui em três artigos. Buscando suprir a ausência de registros sobre o forrageamento de frutos e sementes por *A. robusta*, o primeiro artigo apresenta uma lista das espécies cujos frutos e sementes são forrageadas por *A. robusta* e descreve alguns aspectos que caracterizam esse tipo de interação. A partir desses resultados são formuladas diversas hipóteses e incluindo as questões que representaram os objetos de estudo nos artigos seguintes.

No segundo artigo investigou-se o efeito do tamanho e do peso das sementes forrageadas por *A. robusta* sobre a distância de dispersão. A partir desses resultados discutem-se os efeitos da capacidade de carga de *A. robusta* na dispersão de sementes. Os conhecimentos sobre o forrageamento de frutos e sementes obtidos nos artigos anteriores permitiram a elaboração das hipóteses testadas no terceiro artigo que investigou as implicações da dispersão na germinação, predação de sementes e sobrevivência das plântulas.

Referências

- Amante, E. (1967) Prejuízos causados pela formiga saúva em plantações de *Eucalyptus* e *Pinus* no Estado de São Paulo. *Silvicultura*, 6, 355-363.
- Borgmeier, T. (1939) Nova contribuição para o conhecimento das formigas neotropicais. *Revista de Entomologia*. 10, 403-428.
- Dalling, J.W. & Wirth, R. (1998) Dispersal of *Miconia argentea* seeds by the leaf-cutting ant *Atta colombica*. *Journal of Tropical Ecology*, 14, 705-710.
- Farji-Brener, A.G. & 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, 147-350.
- Gonçalves, C.R.; Nunes, A.M. (1984) Formigas das praias e restingas do Brasil. In: *Restingas: origem, estruturas e processo* (ed. Por L.D. De Lacerda; D.S.D. Araújo; R Cerqueira; E.B. Turcq) pp. 373 -378. Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro.
- Gorb, S.N.; Gorb, E.V.; Puntilla, (2000) P. Effects of redispersal of seeds by ants on the vegetation patterns in a deciduous forest: a case study. *Acta Oecologica*, 21, 293-301.
- Holldöbler, B. & Wilson, E. O. (1990) *The Ants*. 732 pp. Belknap Press, Cambridge.

- Horvitz, C.C. & Schemske, D.W. (1986) Ant-nest soil and seedling growth in a neotropical ant-dispersed herb. *Oecologie*, 70, 318-320.
- Leal, I. R; Oliveira, P. S. Interactions between fungus-growing ants (Attini), fruits and seeds in Cerrado vegetation of southeast of Brasil. **Biotropica**. N. 30, p.170-178, 1998.
- Leal, I.R. & Oliveira, P.S. (2000) Foraging Ecology of attine ants a Neotropical savanna:: seasonal use of fungal substrate in cerrado vegetation of Brazil. *Insects Sociaux*, 47, 376-382.
- Mariconi, F.A.M. (1970) *As saúvas*. 167 pp. Agronômica Ceres, São Paulo.
- Oliveira, P.S.; Galetti, M.; Pedroni, L.P.; Morellato, L.P.C. Seed cleaning by *Mycocepurus goeldi* ants (Attini) facilitates germination in *Hymenaea courbaril* (Caesalpinaceae). *Biotropica* 27, 518-522.
- Passos, L. & Ferreira, S.O. (1996) Ant dispersal of *Crotin priscus* (Euphorbiaceae) seeds in a tropical semideciduous in Souteastern Brazil. *Biotropica*, 28, 697-700.
- Passos, L. & Oliveira, P.S. (2002) Ants affect the distribution and performance of seedlings of *Clusia criuva*, a primarily bird-dispersed rain forest tree. *Journal of Ecology*, 90, 517-528.
- Passos, L. & Oliveira, P.S. (2003) Interactions between ants, fruits and seeds in a restinga forest on south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 19, 261-270.

- Passos, L. & Oliveira, P.S. (2004) Interaction between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sandy plain rainforest: ant effects on seeds and seedlings. *Oecologia*, 139, 376-382.
- Peternelli, E.F.O., Lucia, T.M.C.D., Peternelli, L.A., Martins, S.V., Borges, E.E.L. (2003) The Interaction among workers of the Genera *Atta* and *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) and Seeds of *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae), a Pioneer Tree Species in Brazil. *Sociobiology*, 3, 597-603.
- Pizo, M.A. & Oliveira, P.S. (1998) Interaction between ants seeds of a nonmyrmecochorous neotropical tree, *Cabralea canjerana* (Meliaceae), in the Atlantic forest of Southeast Brazil. *American Journal of Botany*, 85, 669-674.
- Pizo, M.A. & Oliveira, P.S. (2000) 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.
- Pizo, MA. & Oliveira, P.S. (2001) Size and lipid contend of nonmyrmecochorous diaspores: effects on the interaction with litter-foraging ants in Atlantic rain forest of Brazil. *Plant Ecology*, 157, 37-52.
- Pizo, M.A., Passos, L., Oliveira, P.S. (2004) Ants as seed dispersers of fleshy diaspores in Brazilian Atlantic Forests, In: *Seed fate: predation and secondary dispersal* (ed. by., P.-M. Forget, J.E. Lambert, P.E. Hulme, S.B. Vander Wall), pp. 315-329. CAB International. Wallingford.

- 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., Maihé-Nunes, A.J. (2003) Geografic Distribution of *Atta robusta* (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology*, 32, 615-623.
- Teixeira, M.C., Schoederer, J.H., Louzada, J.N.C. (2004) Occurrence of *Atta robusta* Borgmeier (Hymenoptera: Formicidae) in the North of Espírito Santo State, Brazil. *Neotropical Entomology*, 33, 265-266.
- 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.

2. O uso de frutos e sementes por *Atta robusta* (Hymenoptera: Formicidae) na Restinga da Ilha de Guriri-ES.

Marcos C. Teixeira¹ & José Henrique Schoereder²

1. Programa de Pós-Graduação em Entomologia; Departamento de Biologia Animal; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa – MG; 36570-000; Brasil.
marcosteixeira@vicos.ufv.br

2. Departamento de Biologia Geral; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa – MG; 36570-000; Brasil. jschoere@ufv.br

RESUMO. 1. A interação de formigas com frutos e sementes é comum em florestas tropicais, onde há uma grande disponibilidade de frutos que caem das árvores e de formigas que forrageiam no solo.

2. Objetivou-se caracterizar as interações de *Atta robusta* Borgmeier, 1939 com frutos e sementes nos ecossistemas de Restingas por meio dos seguintes aspectos: espécies cujos frutos e sementes são forrageados, variação sazonal no uso de frutos e sementes e locais de deposição das sementes.

3. O estudo foi realizado por meio do monitoramento de 10 colônias por um período de 12 meses na Ilha de Guriri, São Mateus-ES.

4. Verificou-se que *A. robusta* interage com frutos e sementes de 36 espécies durante todo o ano, com maior número de interações no período de junho a novembro.

5. Foram registrados os seguintes procedimentos das formigas no trato dispensado às sementes: (a) retira a cobertura da semente, mas não carrega; (b) retira a cobertura enquanto remove a semente, mas abandona na trilha; (c) remove para o ninho, retira a cobertura e descarta a semente; (d) remove a semente para o ninho mas não descarta.

6. Esses resultados podem indicar que *A. robusta* tem um papel importante na biologia das plantas, pois, conforme registrado por outros autores, a limpeza das sementes reduz a infestação por fungos e aumenta a taxa de germinação. Além disso, o transporte das sementes para os ninhos pode favorecer o recrutamento de novas plantas, pois esses locais normalmente são ricos em nutrientes.

PALAVRAS-CHAVE: formiga, *Atta robusta*, dispersão de sementes, Restinga.

Frutos e sementes representam parte importante da dieta das formigas (Hölldobler & Wilson, 1990). Esse tipo de interação é comum em florestas tropicais, onde há uma grande disponibilidade de frutos que caem das árvores e de formigas que forrageiam no solo (Pizo & Oliveira, 2000). No Brasil essas interações têm merecido a atenção dos pesquisadores nas últimas décadas e uma grande quantidade de interações tem sido registrada (Leal & Oliveira, 1993; Leal & Oliveira, 1998; Pizo & Oliveira 1999; Leal & Oliveira, 2000; Pizo & Oliveira, 2000; Pizo & Oliveira, 2001; Passos & Oliveira, 2002; Passos & Oliveira, 2003; Pizo *et al.*, 2004). Esses estudos reúnem evidências de que uma das principais conseqüências dessas interações é a dispersão secundária de sementes pelas formigas. Esse evento possui grande importância ecológica porque garante o movimento das plantas no espaço e o fluxo gênico entre as populações.

A disponibilidade de frutos e sementes no solo das florestas é dependente da fenologia das plantas que, por sua vez, varia conforme as condições abióticas. A composição química dos frutos é um fator determinante na atratividade das formigas (Pizo *et al.*, 2004). Algumas sementes possuem um apêndice gorduroso denominado de elaiossomo que atrai as formigas (Van der Pijl, 1982) devido ao alto teor em lipídios (Horvitz, 1981; Pizo & Oliveira, 2001; Pizo *et al.*, 2004). Essa estrutura também serve de suporte para o transporte das sementes até os ninhos (Beattie, 1985) onde é utilizada como alimento pelas formigas. Após a remoção do elaiossomo as sementes, normalmente intactas, permanecem dentro dos formigueiros ou são levadas para a superfície e descartadas em pilhas nas proximidades das entradas dos ninhos (Horvitz & Beattie, 1980). Por isso, sementes contendo elaiossoma são consideradas adaptadas à dispersão por formigas (mirmecocoria) e essas espécies são comumente denominadas de plantas mirmecocóricas. As vantagens da interação com as formigas para essas plantas são: (1) a

redução da predação e da competição das sementes e plântulas sob as plantas adultas (Handel, 1978, O'Dowd & Hay, 1980), (2) o aumento da taxa de germinação (Leal & Oliveira, 1998) e (3) a deposição das sementes em locais adequados à germinação e desenvolvimento das plântulas (Culver & Beattie, 1983). Porém, esses mesmos benefícios têm sido registrados para as plantas consideradas não-mirmecocóricas (desprovidas de elaiossoma) por ocasião da interação com as formigas do gênero *Atta* (Wirth *et al.*, 1997; Dalling & Wirth, 1998; Leal & Oliveira, 1998; 2000; Peternelli *et al.*, 2003; Pizo *et al.*, 2004).

Estudos sobre a interação de formigas com frutos e sementes nos ambientes de Restingas são raros, com registros apenas para o Estado de São Paulo (Passos & Oliveira, 2002; 2003; 2004). No entanto, esses estudos não registraram a participação das formigas do gênero *Atta* nessas interações. É possível que a ausência desse grupo nas Restingas do Estado de São Paulo seja devido à superficialidade do lençol freático (Mariconi, 1970). Porém, *Atta robusta* tem sido registrada nos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo com fortes evidências de endemismo para as Restingas (Teixeira *et al* 2003). Suas colônias estão restritas à fitofisionomia das Restingas denominada de Mata de Myrtaceae (Teixeira & Schoereder, 2003) onde interagem com diversas espécies de plantas, utilizando seus frutos e suas sementes (observação pessoal). Portanto, este estudo representa o primeiro registro da interação de saúvas com frutos e sementes nas Restingas Brasileiras e trata especificamente do papel de *A. robusta* nesse processo.

O objetivo deste estudo foi caracterizar as interações de *A. robusta* com frutos e sementes nos ecossistemas de Restingas. As questões investigadas foram: (1) Quais as espécies cujos frutos e sementes são forrageados por *A. robusta*? (2) Existe variação sazonal no total de espécies cujos frutos e sementes são forrageadas por *A. robusta*? (3)

Qual o tratamento das formigas para com às sementes? (4) Onde as sementes são depositadas pelas formigas?

Material e Métodos

Os estudos de campo foram realizados na Ilha de Guriri (18°43'S, 39°45'W), São Mateus, Espírito Santo, Brasil, formada pelo delta do Rio São Mateus, onde a vegetação original é representada pelas florestas de restingas, mangues e matas de galeria. Apesar de ter sofrido fortes impactos antrópicos nos últimos 25 anos, a Ilha ainda possui áreas onde a floresta de Restinga conserva suas características originais, sobretudo na região que compõe a Área de Proteção Ambiental de Conceição da Barra, no lado norte da Ilha.

Os registros das interações foram feitos por meio do monitoramento de 10 ninhos de *A. robusta* ao longo de 12 meses, entre abril de 2005 e março de 2006. O monitoramento constou de visitas mensais (diurnas e noturnas) aos ninhos selecionados, sempre entre os dias 10 e 20 de cada mês. Durante as visitas as trilhas ativas foram identificadas e em seguida coletou-se de amostras dos frutos e sementes que estavam sendo removidas ou descartadas pelas formigas. Seguindo-se as trilhas foi possível localizar as árvores cujos frutos e sementes estavam sendo removidas e coletar material vegetal para identificação das espécies forrageadas. Quando não foi possível a localização das árvores a identificação se deu por meio da comparação das sementes na carpoteca da Reserva Florestal de Linhares-ES.

Para verificar se havia deposição de sementes no interior dos ninhos, foram abertos oito ninhos para exame do conteúdo das câmaras internas.

Resultados

A. robusta forrageia frutos e sementes durante todo o ano com maior número de interações no período de julho a outubro (figura 1). Foi registrado um total de 36 espécies pertencentes a 20 famílias botânicas (Joly, 2000) cujos frutos e sementes são utilizados por 10 colônias de *A. robusta* (área média de 90,64 m²) na Restinga da Ilha de Guriri-ES. Quanto à adaptação à mirmecocoria, apenas seis espécies apresentaram um corpo gorduroso preso às sementes: *Acacia mangium*, *A. auriculiformes*, *Pera parvifolia*, *Swartzia apetala*, *Cupania emarginata* e *Cupania* sp (tabela 1).

A limpeza das sementes (retirada da projeção carnosa que recobre as sementes ou do apêndice gorduroso) foi um padrão comum na interação das colônias de *A. robusta* com as espécies vegetais. Porém observou-se a existência de quatro diferentes procedimentos no tratamento dado a sementes (tabela 1) bem como uma variação no local de deposição das sementes conforme a espécie forrageada: (1) as formigas retiram a cobertura das sementes, mas não as removem; (2) as formigas retiram a cobertura das sementes enquanto as removem, mas as abandonam na trilha; (3) as formigas removem as sementes para o interior do ninho onde promovem a retirada da cobertura para depois descartá-las na superfície do solo em pilhas e (4) as formigas transportam as sementes para os ninhos, mas não as descartam. Esses diferentes procedimentos podem ser utilizados pelas formigas para uma mesma espécie, variando assim o local de descarte das sementes de uma mesma planta (tabela 1).

No exame das câmaras internas dos ninhos registrou-se a presença de sementes de *Eugenia rotundifolia* germinando em uma câmara de fungo (em uma colônia). Em outra colônia sementes dessa mesma espécie, além de sementes de *Protium heptaphyllum* foram registradas em câmaras de lixo.

A intensa atividade de coleta de frutos produz um padrão de agregação de sementes nas entradas dos ninhos e nas trilhas de forrageamento (figura 2). Nesses locais observou-se uma grande quantidade de plântulas ao longo de todo o período de estudo (figura 3). O corte e transporte do endosperma para os ninhos foram registrados somente para as sementes de *S. apetala* (em uma colônia) (figura 4) e *Ormosia nitida* (em uma colônia).

A. robusta explora frutos de árvores/arbustos (29 espécies), herbáceas (uma espécie), lianas (quatro espécies) e palmeiras (uma espécie). Como as Leguminosae foram agrupadas na mesma família considera-se que o grupo com maior número de interações foi Myrtaceae (seis espécies).

Discussão

Os registros de interações de *A. robusta* com frutos e sementes de espécies da família Myrtaceae são possivelmente conseqüências da riqueza de espécies e abundância dessa família nas restingas do Espírito Santo (Fabris & César, 1996; Assis *et al.*, 2004). Um maior número de interações de formigas com plantas da família Myrtaceae também foi observado no Parque Estadual de Intervales (Pizo & Oliveira, 2000) e na Restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso (Passos & Oliveira, 2003), ambos em São Paulo.

Entre as Leguminosae três espécies figuram na lista das plantas exóticas e invasoras: *Acacia mangium*, *A. auriculiformes* e *Leucaena* sp. Essas espécies foram introduzidas na Região Norte do Espírito Santo com objetivo de recuperação de matas ciliares e paisagismo em balneários, inclusive na Ilha de Guriri. As sementes dessas espécies são de tamanho reduzido e por isso são beneficiadas no processo de dispersão, pois podem ser transportadas por grandes distâncias (Harper, 1977). É possível que *A. robusta* esteja colaborando com o processo de dispersão dessas espécies nos ecossistemas

de Restingas devido à sua capacidade de transportar grandes quantidades de sementes e depositá-las em locais melhores para germinação e estabelecimento. No presente estudo, sementes dessas espécies foram encontradas em grandes quantidades sobre os ninhos de *A. robusta*.

Alguns estudos mostram que a interação de formigas com frutos e sementes ocorre com maior frequência nos períodos de maior umidade. Nas Restingas do Rio de Janeiro, por exemplo, a frutificação de espécies cuja dispersão é feita por animais apresenta maior produção de frutos no período de maior precipitação (Zamith & Scarano, 2004). Seguindo essa tendência, no Parque Estadual de Intervales, São Paulo, o número de interações entre formigas e sementes foi significativamente correlacionado com a umidade (Pizo & Oliveira, 2000). No Cerrado brasileiro, formigas *Attini* coletam maior quantidade de frutos no período de maior umidade (Leal & Oliveira, 2000). Porém, no presente estudo o maior número de interações de *A. robusta* com frutos e sementes coincide exatamente com o período de menor umidade (Pezzopane *et al.*, 2004). Possivelmente esse resultado é consequência da grande disponibilidade de frutos de *P. heptaphyllum* no solo da floresta de Restinga durante o período chuvoso (dezembro a abril) (Lorenzi, 2002).

O maior número de interações de *A. robusta* com plantas consideradas não-mirmecocóricas, ou seja, desprovidas de elaiossoma, é, possivelmente, consequência das exigências nutricionais do fungo simbiótico. O elaiossoma é uma estrutura normalmente rica em lipídios (Horvitz, 1981) pouco atrativa para as formigas do gênero *Atta* (Pizo & Oliveira, 2001; Pizo *et al.*, 2004). Embora neste estudo não tenha sido analisada a composição dos frutos forrageados por *A. robusta*, sabe-se que sementes com projeções carnosas (polpa), como a maioria registrada nas interações com *A. robusta*, normalmente

são ricas em carboidratos. Carboidratos simples, principalmente glicose, são as principais fontes de carbono utilizado pelo fungo (Silva *et al.*, 2003, Silva *et al* 2006).

Conforme constatado, a limpeza das sementes é um procedimento padrão de *A. robusta* na interação com todas as sementes forrageadas. Esse aspecto da interação é importante para as plantas, pois reduz a infestação por fungos patogênicos (Pizo *et al.*, 2004) e aumenta a germinação (Leal & Oliveira, 1998; Passos & Oliveira, 2004; Pizo *et al.*, 2004). Por outro lado, o registro do uso do endosperma das sementes de *S. apetala* e *O. nitida* pode indicar que *A. robusta* também desempenhe papel de predação dessas espécies. A predação de sementes por saúvas já foi registrado para *Peltogine gracilipes* (Caesalpinaceae) na Amazônia (Nascimento & Proctor, 1996).

A interação de *A. robusta* com algumas espécies se restringe à limpeza das sementes e, em seguida a semente é abandonada ainda sob a planta-mãe. Uma característica comum observada para essas espécies é o tamanho das sementes, normalmente maiores que as sementes removidas para os ninhos. A não remoção dessas sementes é, possivelmente, consequência da limitação na capacidade de carga das operárias (Hölldobler e Roces, 1994). Sendo assim, o tamanho das sementes parece ser o fator que regula a movimentação das plantas via dispersão por *A. robusta*.

No caso das sementes removidas os benefícios podem incluir todos aqueles oriundos da dispersão de sementes. De acordo com a hipótese da fuga, a ação dos predadores e a competição entre sementes e plântulas tendem a aumentar com a proximidade da planta-mãe (Jansen 1970; Connell, 1971). Assim, os dispersores, como aves e mamíferos, contribuem para a redução da competição e da predação sob a planta-mãe. No entanto, somente as formigas depositam as sementes nos ninhos, onde as propriedades químicas e físicas podem ser favoráveis à germinação e desenvolvimento das

plântulas (Bucher & Zuccardi, 1967; Culver & Beattie, 1983; Coutinho, 1984; Farji-Brener & Silva, 1995; Farji-Brener & Illes, 2000; Moutinho *et al.*, 2003). É possível que esses benefícios também ocorram nos ninhos de *A. robusta*.

Embora as formigas sejam apontadas como eficientes dispersoras de sementes nas florestas tropicais alguns estudos sugerem que as formigas-cortadeiras (*Atta* e *Acromyrmex*) não representam importantes dispersores para os ecossistemas Restingas (Pizo & Oliveira, 2000; 2001; Passos & Oliveira, 2002). No entanto, o total de interações de *A. robusta* com frutos e sementes observadas no presente estudo permite sugerir que *A. robusta* desempenha papéis importantes na dispersão de sementes e, conseqüentemente, na biologia das plantas dos ecossistemas de Restingas.

É importante ressaltar aqui que as interações de *A. robusta* com frutos e sementes ao longo da Costa do Sudeste brasileiro podem diferir dos resultados obtidos para a Ilha de Guriri devido às variações na composição de espécies das comunidades vegetais das Restingas (Assis *et al.*, 2004). Mesmo assim, esses resultados representam o ponto de partida para o desenvolvimento de novos estudos com objetivo de entender os efeitos do forrageamento de frutos e sementes por *A. robusta* nos ecossistemas de Restingas do Sudeste brasileiro, de onde essa espécie de formiga é provavelmente endêmica.

Agradecimentos: À Ana Paula Agizzio, Marcos Giovanelli, Fabíola Endringer e Manoel Bernardo Neto pelos auxílios nos trabalhos de campo. A todos os amigos do Laboratório de Ecologia de Comunidades de Formigas da Universidade Federal de Viçosa pelas sugestões em todas as etapas do trabalho. Aos diretores e técnicos da Reserva Florestal de Linhares-ES, pelo auxílio na identificação das plantas e sementes.

Referências

- Assis, A.M.; Thomaz, L.D.; Pereira, O.J. (2004) Florística de um trecho de floresta de restinga no município de Guarapari, Espírito Santo, Brasil. *Acta Botânica Brasiliense*, 18, 191-201.
- Beattie, A.J. (1985) The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms. Cambridge University Press. Cambridge.
- Connell, J.H. (1971) On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animal and in rain forest trees. In: *Dynamics of populations* (ed. by P.J. Den-Boer and G.R. Gradwel), pp. 298-310. Center for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.
- Dalling, J.W. & Wirth, R. (1998) Dispersal of *Miconia argentea* seeds by the leaf-cutting ant *Atta colombica*. *Journal of Tropical Ecology*, 14, 705-710.
- Fabris, L.C.; Cesar, O. (1996) Estudos florísticos em uma mata litorânea no Sul do Estado do Espírito Santo. *Boletim do Museu de Biologia Melo Leitão*, 5, 15-46.
- Farji-Brener, A.G. & Silva, J.F. (1995) Leaf-cutting ant nests and soil fertility in a well-drained Savanna in Western Venezuela. *Biotropica*, 27, 250-253.
- Farji-Brener, A.G. & 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, 347-350.

- Harper, J.L. (1977) Population Biology of plants. Academic Press, New York.
- Horvitz, C.C. (1981) Analysis of how ant behavior affect germination in a tropical myrmecochore *Calathea microcephala* (P. & E.) Koernicke (Marantaceae): microsite selection and aril removal by neotropical ant *Odontomachus*, *Pachycondyla* and *Solenopsis* (Formicidae) *Oecologia*, 51, 47-52.
- Horvitz, C.C.; Beattie, A.J. (1980) Ant dispersal of *Calathea* (Marantaceae) by carnivorous Ponerines (Formicidae) in a tropical rain forest. *American Journal of Botany*, 67, 321-326.
- Janzen, D.H. (1970) Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist*, 104, 521-528.
- Joly, A. B. 2000. Botânica. Introdução à taxonomia Vegetal. Cia. Editora Nacional, São Paulo. 777p.
- Kaspari, M. (1993) Removal of seeds from neotropical frugivore feces: ants responses to seed number. *Oecologia*, 95, 81-88.
- 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.P. & 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.

- Lorenzi, H. (2002) *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas Nativas do Brasil*. Instituto Plantarum. Nova Odessa, SP. 368 p.
- Moutinho, P. (1995) Seed cleaning by *Mycocepurus goeldii* ants (Attini) facilitates germination in *Hymenaea coubaril* (Caesalpinaceae). *Biotropica*, 27, 541-522.
- 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.
- Nascimento, M.T. & Proctor, J. (1996) Seed attack beetles and leaf-cutter ants on *Peltogyne gracilipes* Ducke (Caesalpinaceae) on Maracá Island, Brazilian Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, 12, 723 – 727.
- Passos, L. & Oliveira, P.S. (2002) Ants affect the distribution and performance of seedlings of *Clusia criuva*, a primarily bird-dispersed rain forest tree. *Journal of Ecology*, 90, 517-528.
- Passos, L. & Oliveira, P.S. (2003) Interactions between ants, fruits and seeds in a restinga forest on south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 19, 261-270.
- Peternelli, E.F.O., Lucia, T.M.C.D., Peternelli, L.A., Martins, S.V., Borges, E.E.L. (2003) The interaction among workers of the genera *Atta* and *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) and seeds of *Mabea fistulífera* (Euphorbiaceae), a pioneer tree species in Brazil. *Sociobiology*, 3, 597-603.
- Pezzopane, J.E.M. (2004) Santos, E.A.; Eleutério, M.M.; Reis, E.F.; Santos, A.R. Espacialização da temperatura do ar no Estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. 1, 151-158.

- Pizo, M.A.; Oliveira, P.S. (1999) Removal of seeds from vertebrate faeces by ants: effects of seeds species and deposition site. *Canadian journal of Zoology*, 77, 1595-1602.
- 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.
- Pizo, M.A., Passos, L., Oliveira, P.S. (2004) Ants as seed dispersers of fleshy diaspores in Brazilian Atlantic Forests, In: *Seed fate: predation and secondary dispersal* (ed. by., P.-M. Forget, J.E. Lambert, P.E. Hulme, S.B. Vander Wall), pp. 315-329. CAB International. Wallingford.
- Roces, F. & Hölldobler, B. (1994) Leaf density and a trade-off between a load-size selection and recruitment behavior in the ant *Atta cephalotes*. *Oecologia*, 97, 1-8.
- Silva, A.; Bacci Jr, M.; Siqueira, C.G.; Bueno, O.C.; Pacnocca, F.C.; Rebling, M.J.A. (2003) Survival of *Atta sexdens* workers on different food sources. *Journal of insect Physiology*, 49, 307-313.
- Silva, A.; Bacci Jr; Bueno, O.C.; Pacnocca, F.C.; Rebling, M.J.A. (2006) Starch metabolism in *Leucoagaricus gongylophorus*, the symbiotic fungus of leaf-cutting ants. *Microbiological Research*, 161, 299-303.
- Teixeira, M.C. & Schoereder, 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* (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology*, 32, 615-623.
- Van Der Pijl, L. (1982) Principles of dispersal in higher plants. Springer-Verlag, Berlin.
- Wirth, R.W., Bayschlag, W., Ryel, R.J., Hölldobler, B. (1997) Annual foraging pattern of the leaf-cutting ant *Atta colombica* (L.) in a seasonally wet semi-deciduous rain forest in Panamá. *Journal of Tropical Ecology*, 13, 741-757.
- Zamith, L. R. & Scarano, F. R. (2004) Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Acta Botânica Brasiliense*, 18, 161-176.

Tabela 1. Espécies que tiveram seus frutos e sementes forrageadas por *A. robusta* na Restinga da Ilha de Guriri-ES no período de março/2005 a abril/2006, respectivos tratamentos dado pelas formigas às sementes e locais de deposição das mesmas. A – Retiram a cobertura das sementes, mas não carrega; B – Retira a cobertura da semente enquanto remove, mas abandona na trilha; C – Transporta para o ninho, retira a cobertura e descarta na entrada dos ninhos; D - remove para o ninho e não descarta. As famílias botânicas foram definidas de acordo com Joly, 2000.

Família / espécie	Período interação	Tipo de interação				Nº colônias interagindo
		A	B	C	D	
ANACARDIACEAE						
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	mar-abr	x	x	x		5
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	mai-jul				x	5
<i>Anacardium occidentale</i> L.	jan	x				2
ARECACEAE						
<i>Allagoptera arenaria</i> (Gomes) Kuntze	dez-fev	x	x			10
BURSERACEAE						
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	dez-abr	x	x	x		10
CRYSOBALANACEAE						
<i>Couepia schottii</i> (Fritsch)		x				1
CURCUBITACEAE						
<i>Cayaponia tayuya</i> (Vell.) Cogn.					x	3
EUPHORBIACEAE						
<i>Pera parvifolia</i> Mull. Arg.	mar-abr			x		8
FLACOURTIACEAE						
<i>Casearia</i> sp.		x	x			2
GUTTIFERAE						
<i>Calophyllum brasiliensis</i> Camb.		x				2
LEGUMINOSAE						
<i>Swartzia apetala</i> Raddi	jul-set	x				5
<i>Abrus precatorius</i> L.	abr-out		x	x		7
<i>Ormosia nitida</i> Vog.			x	x		1
<i>Abarema filamentosa</i> Benth			x	x		1
<i>Acacia mangium</i> Willd.	abr-set			x		6
<i>Acacia auriculiformes</i> Benth	out			x		4
<i>Leucaena</i> sp.	jun-set			x		3
sp1			x			1

MALPIGHIACEAE						
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	mar-abr	x	x			10
MYRSINACEAE						
<i>Myrsine</i> sp1	jun-out			x		10
<i>Myrsine</i> sp2	jun-ago			x		10
MYRTACEAE						
<i>Eugenia rotundifolia</i> Casar.	jun-set	x	x	x		10
<i>Eugenia</i> sp1	ago-set	x	x	x		8
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunt DC)	jul-ago	x	x	x		10
<i>Eugenia uniflora</i> L.	out-nov	x				4
<i>Plinia edulis</i> Vell.	nov-dez	x				5
Myrtaceae sp	set-nov	x				1
PASSIFLORACEAE						
<i>Passiflora</i> sp	ago			x		3
POLYGONACEAE						
<i>Coccoloba alnifolia</i> Casar.	abr-jun			x		5
RUTACEAE						
Sp2		x				1
SAPINDACEAE						
<i>Cupania emarginata</i> Cambess	ago-nov	x	x	x		10
<i>Cupania</i> sp	out-nov	x	x			8
<i>Paulinia riodicensis</i> Sommer			x	x		6
SMILACACEAE						
<i>Matayba discolor</i> Spreng		-	-	-	-	1
<i>Smilax</i> sp1	jun-out			x		6
<i>Smilax</i> sp2	ago			x		3

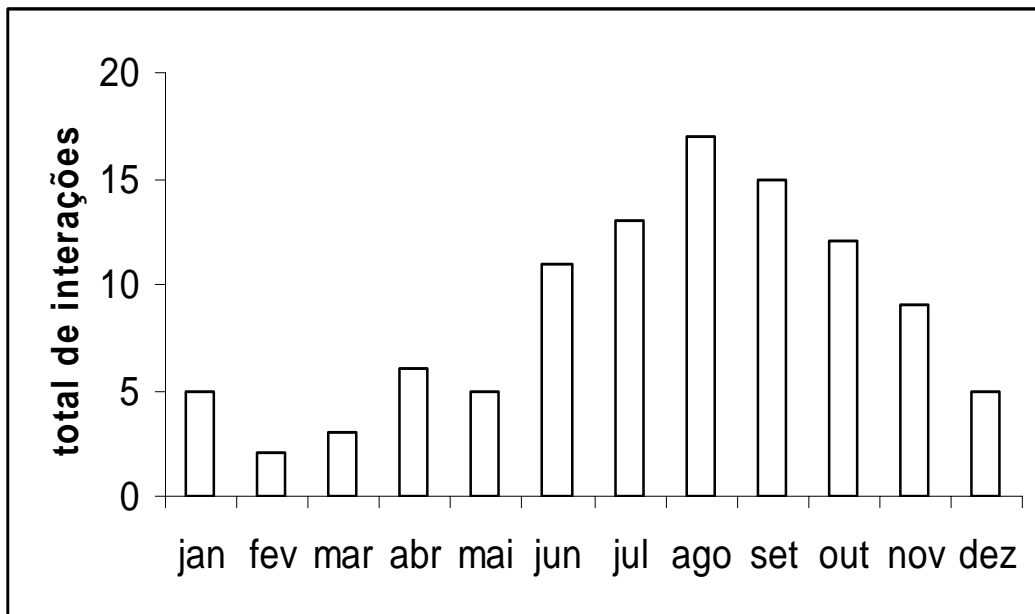


Fig. 1. Número de espécies/mês cujos frutos e sementes foram forrageadas por *A. robusta* no período de março de 2005 a abril de 2006, na Ilha de Guriri-ES, Norte do Espírito Santo.



Fig. 2.

(A)
semen
tes de
E.
rotund
ifolia
na
entrad

a do ninho de *A. robusta*, (B) plântulas de *P. heptaphyllum* sobre o ninho de *A. robusta*,
(C) operárias de *A. robusta* limpando uma semente de *P. heptaphyllum* e (D) formigas
cortando o endosperma de *S. apetala*.

3. Efeito do tamanho da carga sobre a distância de dispersão de sementes por *Atta robusta* (Hymenoptera: Formicidae)

Marcos C. Teixeira¹ & José Henrique Schoereder²

2. Programa de Pós-Graduação em Entomologia; Departamento de Biologia Animal;
Universidade Federal de Viçosa; Viçosa – MG; 36570-000; Brasil.

marcosteixeira@vicosa.ufv.br

3. Departamento de Biologia Geral; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa – MG;
36570-000; Brasil. jschoere@ufv.br

RESUMO: 1.O padrão normalmente descrito para o forrageamento das formigas do gênero *Atta* é a proporcionalidade entre o tamanho da carga e a massa corporal das operárias. Porém, não existe estudos sobre os efeitos desse padrão no forrageamento de frutos e sementes.

2. Testou-se a hipótese de que sementes menores são carregadas por maiores distâncias por *Atta. Robusta* Borgmeier, 1939.. Foram feitas duas análises: uma utilizando as sementes de todas as espécies forrageadas e outra apenas com sementes de *E. rotundifolia*.

3. Verificou-se que *A. robusta* dispersa sementes com peso máximo de 0,651 g e área máxima de 155,78 mm². A menor distância de dispersão registrada foi de 3 m e a maior foi de mais de 100 m para várias espécies.

4. No teste com todas as sementes de todas as espécies a distância de dispersão foi influenciada pela área das sementes ($F_{1,28} = 6,87$; $P = 0,01$. No teste usando apenas sementes de *E. rotundifolia* a distância foi influenciada tanto pela área ($t = -5,48$; $p < 0,001$) quanto pelo peso das sementes ($t = -4,99$; $p < 0,001$).

5. Conclui-se que o tamanho das sementes é um parâmetro importante na definição das espécies cujas sementes serão carregadas e que apenas as menores sementes de uma planta atingem os ninhos de *A. robusta*.

6. É possível que sementes menores possuam maiores vantagens na dispersão por *A. robusta*, pois os ninhos de saúvas apresentam as condições adequadas à germinação e ao estabelecimento dos novos indivíduos de algumas espécies de plantas.

PALAVRAS-CHAVE: formiga, *Atta robusta*, tamanho da semente, dispersão de sementes.

As formigas cortadeiras do gênero *Atta*, conhecidas popularmente no Brasil como saúvas, cortam grande quantidade de fragmentos vegetais de diversas espécies, os quais são transportados para os ninhos construídos no interior do solo. Os vegetais são utilizados como substrato para um fungo simbiote que serve de alimento para as formigas (Hölldobler & Wilson, 1990).

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). No entanto, é preciso considerar outros fatores que podem interferir nessa relação. Rudolf & Loudon (1986), por exemplo, encontraram uma correlação negativa entre a densidade da folha atacada e a área do fragmento cortado. Roces & Hölldobler (1994) estudaram o comportamento de corte de *A. cephalotes* e verificaram que a densidade da folha afeta a seleção do tamanho da carga. Os efeitos da densidade (peso/área) indicam que, além do tamanho, a massa da carga também deve ser um fator a ser considerado nos estudos sobre a relação saúva x carga.

Outro fator importante a ser considerado nos estudos sobre forrageamento de saúvas é a distância percorrida pelas formigas no transporte da carga. Wetterer (1990) não encontrou diferenças no padrão de tamanho dos fragmentos cortados por *A. cephalotes* a diferentes distâncias. Contudo, Röschard & Roces (2003), demonstraram que as operárias de *Atta vollenweideri* cortam os fragmentos de folhas em fragmentos ainda menores à medida que são transportados aos ninhos.

Com base nos estudos citados acima sugere-se que a capacidade de carga das saúvas resulta da interação entre os seguintes fatores: (1) o tamanho e a massa da formiga, (2) o tamanho e a massa da carga forrageada e (3) a distância da planta-recurso. Porém, esses estudos basearam-se apenas no forrageamento de folhas. Embora os frutos e

sementes representem uma parcela significativa para as saúvas (Wirth *et al.*, 1997; Leal & Oliveira, 1998; Peternelli *et al.*, 2003; Fowler, 1995) as relações entre tamanho, peso da carga e distância ainda não foram estudadas. Esses estudos são importantes porque poderão auxiliar na compreensão das funções ecológicas das saúvas, sobretudo em relação aos efeitos da dispersão de sementes.

Caso o padrão geral descrito para a relação carga x saúva se repita no forrageamento de frutos e sementes espera-se que os benefícios da dispersão por saúvas seja diferenciado entre as espécies forrageadas e mesmo entre as sementes de uma mesma espécie, já que existe uma variação no tamanho das sementes produzidas nesses dois níveis (Harper *et al.*, 1970). Dessa forma, sementes menores seriam mais beneficiadas ao serem transportadas por maiores distâncias (Janzen, 1970).

Não há registros sobre interações de formigas do gênero *Atta* com frutos e sementes nos ecossistemas de Restingas, onde a única representante parece ser *Atta robusta* (Teixeira *et al.*, 2003). Essa saúva, provavelmente endêmica desses ambientes (Teixeira *et al.*, 2003), forrageia uma grande quantidade de frutos e sementes de várias espécies e tamanhos (observação pessoal). Este estudo apresenta uma lista das espécies cujos frutos e sementes são forrageados por *A. robusta*, seus respectivos tamanhos, pesos e distâncias de dispersão. Além disso, testa-se a hipótese de que *A. robusta* dispersa sementes menores e de menor massa por maiores distâncias.

Material e métodos

Área de estudo

Os estudos de campo foram realizados na Ilha de Guriri (18^o43'S, 39^o45'W), São Mateus, Espírito Santo, Brasil, onde a vegetação original é representada pelas florestas de

Restingas, mangues e matas de galeria. Apesar de sofrer fortes impactos antrópicos nos últimos 25 anos, a Ilha ainda possui áreas onde a floresta de Restinga conserva suas características originais, sobretudo na região que compõe a Área de Proteção Ambiental de Conceição da Barra, no lado norte da Ilha.

Identificação das espécies e coleta de sementes

Os registros das interações de *A. robusta* com frutos e sementes foram feitos por meio do monitoramento de 10 ninhos ao longo de 12 meses, entre abril de 2005 e março de 2006. O monitoramento constou de visitas mensais aos ninhos, sempre entre os dias 10 e 20 de cada mês.

Seguindo-se as trilhas nas quais as formigas carregavam frutos e sementes localizou-se as plantas-mãe (árvores cujos frutos e sementes estavam sendo forrageados pelas formigas). Foram coletadas amostras de material (reprodutivo ou não) das plantas-mãe e enviadas aos especialistas para identificação das espécies. Quando não foi possível a localização das árvores a identificação se deu por meio da comparação das sementes com os exemplares depositados na carpoteca da Reserva Florestal de Linhares-ES. Em seguida foram obtidas amostras de todas as sementes abandonadas nas trilhas, nas pilhas de descartes ou que estavam sendo manipuladas pelas formigas. As sementes foram acondicionadas separadamente em sacos plásticos devidamente identificados acompanhados dos seguintes parâmetros: nº da colônia, nº da trilha, maior distância registrada (distância da planta-mãe). Em seguida foram conduzidas ao laboratório para separação das sementes por espécie e obtenção das seguintes variáveis: (1) área média das sementes de cada espécie, (2) massa seca média das sementes de cada espécie, (3) distância média de cada espécie em relação à planta-mãe.

Cálculo da área, peso e distância de dispersão das sementes

Para obtenção área das sementes inicialmente obteve-se um lote de sementes para cada espécie. A quantidade de sementes medidas para cada espécie variou em função da disponibilidade de sementes. Todas as sementes do lote foram medidas para obtenção do maior comprimento e maior largura, cujo produto representou a área de cada semente. A soma das áreas de todas as sementes do lote foi dividida pelo total de sementes para obtenção da área média da espécie. A medição foi realizada com uso de um paquímetro digital.

A massa média das sementes de cada espécie resultou da divisão do peso total do lote pelo número de sementes presentes no lote. A pesagem foi realizada com uso de balança de precisão com duas casas decimais.

A distância de dispersão representou a distância que as sementes se encontravam nas trilhas em relação à planta-mãe, considerando-se o traçado original da trilha.

Análises estatísticas

Para verificar o efeito do peso e da área das sementes forrageadas por *A. robusta* (variáveis x) sobre a distância de dispersão (variável y) utilizou-se uma regressão múltipla. Foram feitas duas análises, a primeira utilizando as sementes de todas as espécies de plantas coletadas e outra apenas com sementes de *E. rotundifolia*. A primeira análise foi feito com um modelo linear enquanto na segunda foi utilizado um modelo misto, em que as sementes foram agrupadas em cada trilha, para evitar a pseudorepetição.

Todas as análises foram feitas no sistema R (R Development Core Team 2006) e foram seguidas de análises de resíduos para verificar a adequação dos modelos e das distribuições utilizadas.

Resultados

A. robusta interage com sementes cujo tamanho médio mínimo é de 6,65 mm² e máximo de 625,23 mm². A massa média mínima das sementes foi de 0,007g (*Schinus terebintifolius*) e o máximo de 4,18 g (*Couepia schotii*) (tabela 1).

O peso máximo registrado para as sementes removidas foi de 0,65 g para *Protium heptaphyllum*, carregada por uma distância de até 27 m. A área máxima das sementes carregadas foi de 155,78 mm² (espécie não identificada), removida por uma distância de 6 m (tabela 1).

A menor distância de dispersão registrada foi de 3 m para *Ormosia nítida* (área média de 104,99 mm²) e Myrtaceae sp (área média de 115,3 mm²). A maior distância registrada foi de mais de 100 m, para as seguintes espécies: *Abrus precatorius* (26,6 mm² e 0,102 g), *Byrsonima sericea* (30,99 mm² e 0,077 g), *Myrsinae* sp1 (15,52 mm² e 0,0032 g), *Myrsinae* sp 2 (16,10 mm² e 0,042 g) (tabela 1).

No teste com todas as espécies de plantas houve uma alta correlação entre as variáveis área e peso, por isso o modelo foi simplificado utilizando-se apenas área, que teve um efeito significativo sobre a distância de dispersão das sementes ($F_{1,28} = 6,87$; $P = 0,01$; figura 1). No teste usando apenas sementes de *E. rotundifolia* a correlação entre área e peso foi baixa e, por isso o efeito dessas variáveis sobre a distância foi testado em modelos separados. Nesse caso a distância sofreu influência tanto da área ($t = -5,48$; $p < 0,001$; figura 2) quanto do peso das sementes ($t = -4,99$; $p < 0,001$; figura 3). Portanto, a hipótese de que *A. robusta* transporta sementes menores por maiores distâncias foi aceita

tanto para o teste do conjunto de espécies forrageadas quanto para o teste usando apenas uma espécie.

Discussão

A remoção das sementes para longe da planta-mãe é uma das vantagens da mirmecocoria (Andersen, 1998), pois favorece a fuga da predação e da competição normalmente maior sob a planta-mãe (Janzen, 1970; Connell, 1971; Howe, 1980; Howe, 1993). Formigas pequenas forrageiam a uma distância menor que 5 m (Pizo & Oliveira, 2001). As formigas do gênero *Atta*, podem transportar sementes por distâncias superiores a 100 metros (Dalling & Wirth, 1998), conforme foi observado também para *A. robusta* neste trabalho. Isso evidencia a importância dessa saúva para a dispersão de sementes nas Restingas. Portanto, considerando-se a distância de remoção das sementes, a dispersão por formigas do gênero *Atta* parece representar maior vantagem para as plantas em relação às formigas de outros gêneros, em geral menores que operárias de *Atta*.

Os resultados sugerem a existência de um limite na capacidade de transporte de sementes por *A. robusta*. De maneira geral, as saúvas transportam cargas com peso abaixo de sua capacidade corporal (Rudolph & Loudon, 1986; Lighton *et al.*, 1987; Wetterer, 1990). 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 (figura 4).

Os resultados obtidos no teste que utilizou apenas sementes de *E. rotundifolia* sugerem que mesmo para as plantas com sementes dentro da capacidade de carga de *A. robusta* as vantagens podem ser diferenciadas entre as sementes em função da variação de

seus tamanhos. Embora pequena, essa variação parece ser suficiente para gerar contribuir com a definição onde a semente será deixada pela formiga.

A vantagem da dispersão só se torna efetiva quando a semente atinge o micro-ambiente adequado para o estabelecimento da nova planta (Harper *et al.*, 1970; Dalling & Hubbell, 2002). Como ficou evidenciado neste estudo, as trilhas de forrageamento de *A. robusta* podem atingir mais de 100 metros em relação à planta-mãe. Nesse trajeto, as formigas podem interceptar um amplo espectro de micro-ambientes, aumentando as chances das sementes maiores, abandonadas nas trilhas, de encontrarem um local adequado. Assim, se comparada aos vertebrados, a dispersão por formigas pode ser benéfica porque age em uma escala mais fina, acompanhando a escala de variação de micro-ambientes no chão da floresta (Roberts & Haithaus, 1986), oportunizando a germinação de uma maior quantidade de sementes.

O tamanho das sementes produzidas pelas plantas representa, provavelmente, uma interação entre as necessidades exigidas para a dispersão - que beneficia sementes pequenas - e as vantagens para o estabelecimento das mudas - que beneficia sementes grandes (Harper *et al.*, 1970). Assim, o crescimento nesses locais compensaria a maior mortalidade de plântulas oriundas de sementes menores (Harper *et al.*, 1970).

Conclui-se que *A. robusta* pode representar um importante dispersor de sementes nas Restingas e que essa interação é fortemente dependente da interação entre três fatores: (1) capacidade de carga das formigas, (2) tamanho das sementes e (3) distância do recurso. A interação entre esses fatores produz um gradiente de tamanho de sementes que são abandonadas nas trilhas de forrageamento e nos ninhos. Esse aspecto da interação de *A. robusta* com as sementes é importante porque ao influenciar o local em que a semente será abandonada pelas formigas, indiretamente, podem influenciar no grau de vantagens para as

sementes, pois as condições do local será o fator determinante para sua sobrevivência. No caso das sementes menores, que possuem maiores chances de atingirem os ninhos de *A. robusta*, espera-se que estas sejam beneficiadas pelas condições de umidade, que podem favorecer a germinação, e pelo alto teor de nutrientes, geralmente maior nos saueiros (Farji-Brener & Silva, 1995; Farji-Brener & Illes, 2000; Moutinho *et al.*, 2003).

Agradecimentos

Ao Centro de Estudos e Pesquisas Ambientais e Culturais – CEPES pelo auxílio na logística para os trabalhos de campo. A Ana Paula Agizzio, Fabíola B. Endringer, Manoel Bernardo Neto e Marcos Giovanelli, pelos auxílios nos trabalhos de campo. A Fabíola B. Endringer, Clarisse Valentim, João Vitor Mota-Andrade e Camila Pinheiro do Carmo pelos auxílios nos trabalhos de laboratório.

Referências

- Andersen, N. (1998) Dispersal distance as benefit of myrmecochory. *Oecologia*, 75, p. 507-511.
- Cherret, J.M. (1972) Some factors involved the selection substrate vegetable by *Atta cephalotes* (L.) (Hymenoptera: Formicidae) in tropical rain forest. *Journal Animal Ecology*, 41, p. 647-660.
- Connell, J.H. (1971) On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animal and in rain forest trees. In: *Dynamics of populations* (ed. by P.J. Den-Boer and G.R. Gradwel), pp. 298-310. Center for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.

- Dalling, J. W. & Wirth, R. (1998) Dispersal of *Miconia argentea* seeds by the leaf-cutting ant *Atta colombica*. *Journal of Tropical Ecology*, 14, p.705-710.
- Farji-Brener, A.G. & Silva, J.F. (1995) Leaf-cutting ant nests and soil fertility in a well-drained Savanna in Western Venezuela. *Biotropica*, 27, p.250-253.
- Farji-Brenner, A.G. & 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). *Ecology Letters*, 74, 347-350.
- Harper, J.L. Lovell, P.H.; Moore, K.G. (1970) The shapes and sizes of seeds. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1, 327-356.
- Holldöbler, B. & Wilson, E. O. (1990) *The Ants*. 732 pp. Belknap Press, Cambridge.
- Howe, H.F. (1980) Monkey dispersal and waste of a tropical fruit. *Ecology*, 61, 944-959.
- Howe, H.F. (1993) Aspects of variation in a Neotropical seed dispersal system. In: *Frugivory and seed dispersal: Ecological and Evolutionary aspects* (ed. by T.D. Fleming and A. Estrada) pp 149-162. Kluwer Academic Publishers, Belgium.
- Dalling, J.W & Hubbell, S.P. (2002) Seed size. Growth rate and gap microsite conditions as determinants of recruitment successes for pioneer species. *Journal of Ecology*, 90, 557-568.

- Janzen, D.H. (1970) Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist*, n. 104, p.521-528.
- 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.
- 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. (2002) Ants affect the distribution and performance of seedlings of *Clusia criuva*, a primarily bird-dispersed rain forest tree. *Journal of Ecology*, 90, 517-528.
- Passos, L. & Oliveira, P.S. (2003) Interactions between ants, fruits and seeds in a restinga forest on south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 19, 261-270.
- Peternelli, E.F.O., Lucia, T.M.C.D., Peternelli, L.A., Martins, S.V., Borges, E.E.L. (2003) The interaction among workers of the genera *Atta* and *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) and seeds of *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae), a pioneer tree species in Brazil. *Sociobiology*, 3, 597-603.
- Pfeiffer, M.; Nais, J.; Linsenmair, D. (2006) Worker size and seed size selection in 'seed-collecting ant ensembles (Hymenoptera: Formicidae) in primary forests Borneo. *Journal of Tropical Ecology*, 22, 685-693.
- 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.

- R Development Core Team (2006) R: a language and environment for statistical computing. ISBN 3-900051-00-3, URL (<http://www.R-project.org>).
- Roces, F. & Hölldobler, B. (1994) Leaf density and a trade-off load-size selection and recruitment behavior in the ant *Atta cephalotes*. *Oecologia*, 97, 1-8.
- Roschard, 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, p. 647-653.
- Roberts, J.T. & Haithaus, E.R. (1986) Ants rearrange the vertebrate-generate seed shadow of a neotropical fig tree. *Ecology*, 67, 1046-1051.
- Rudolf, S.G. & Loudon, C. (1986) Load size selection by foraging leaf-cutter ants. *Ecology entomology*, 11, p. 401-410.
- Teixeira, M.C., Schoereder, J.H., Mayhé-Nunes, A.J. (2003) Geographic Distribution of *Atta robusta* (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology*, 32, 615-623.
- Wetterer, J.K. (1990) Load size determination in the leaf-cutting ants, *Atta cephalotes*. *Behavior ecology*, 1, p. 95-101.
- Wirth, R.W., Bayschlag, W., Ryel, R.J., Hölldobler, B. (1997) Annual foraging pattern of the leaf-cutting ant *Atta colombica* (L.) in a seasonally wet semi-deciduous rain forest in Panamá. *Journal of Tropical Ecology*, 13, 741-757.

Tabela 1. Tamanho, peso e distância de dispersão registrada para as espécies cujos frutos são forrageados por *A. robusta* na Restinga da Ilha de Guriri, Norte do Espírito Santo. As espécies de plantas estão organizadas por famílias botânicas conforme Joly (2000).

Família/espécie	Área média sementes (mm ²)	massa média das sementes (g)	Distância média (m) dispersão	N. colônias interagindo
ANACARDIACEAE				
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	64,65	0,542	25	5
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	6,65	0,007	32	5
<i>Anacardium occidentale</i> L.	--	--	0	2
ARECACEAE				
<i>Allagoptera arenaria</i> (Gomes) Kuntze	105,26	0,562	46	10
BURSERACEAE				
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	115,29	0,651	27	10
CRYSOBALANACEAE				
<i>Couepia schottii</i> (Fritsch)	625,23	4,185	0	1
CURCUBITACEAE				
<i>Cayaponia tayuya</i> (Vell.) Cogn.	n. regist	0,038	25	3
EUPHORBIACEAE				
<i>Pera parvifolia</i> Mull. Arg.	10,86	0,007	23	8
FLACOURTIACEAE				
<i>Casearia</i> sp	20,19	0,021	55	2
GUTTIFERAE				
<i>Calophyllum brasiliensis</i> Camb.	396,04	1,667	0	2
LEGUMINOSAE				
<i>Swartzia apetala</i> Raddi	212,94	0,868	0	5
<i>Abrus precatorius</i> L.	26,6	0,102	>100	7
<i>Ormosia nítida</i> Vog.	104,99	0,430	4	1
<i>Abarema filamentosa</i> Benth	53,61	0,138	15	1
<i>Acacia mangium</i> Willd.	13,73	0,016	45	6
<i>Acacia auriculiformes</i> Benth	14,60	0,018	37	4
<i>Leucaena</i> sp	27,3	0,064	21	3
Leguminosae sp1	31,45	0,051	9	1
MALPIGHIACEAE				
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	30,99	0,077	>100	10
MYRSINACEAE				
<i>Myrsine</i> sp1	15,52	0,032	>100	10
<i>Myrsine</i> sp2	16,10	0,042	>100	10
MYRTACEAE				
<i>Eugenia rotundifolia</i> Casar	44,14	0,168	64	10

<i>Eugenia</i> sp1	65,2	0,215	27	8
<i>Myrtaceae</i> sp	115,3	--	3	1
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunt DC)	58,33	0,134	31	10
<i>Eugenia uniflora</i> L.	--	--	0	4
<i>Plinia edulis</i> Vell.	--	--	0	5
<hr/>				
PASSIFLORACEAE				
<i>Passiflora</i> sp	--	--	0	3
<hr/>				
POLYGONACEAE				
<i>Coccoloba alnifolia</i> Casar.	33,04	0,025	n regist.	5
<hr/>				
RUTACEAE				
Sp 1	--	--	n. registr.	1
<hr/>				
SAPINDACEAE				
<i>Cupania emarginata</i> Cambess	104,91	0,133	40	10
<i>Cupania</i> sp	117,62	0,819	16	8
<i>Paulinia riodecensis</i> Sommer	46,62	0,102	não regist.	6
<hr/>				
SMILACACEAE				
<i>Matayba discolor</i> Spreng	99,17	0,127	0	1
<i>Smilax</i> sp1	16,12	0,043	46	6
<i>Smilax</i> sp2	20,30	0,055	22	3
<hr/>				
NÃO IDENTIFICADA	155,78	0,651	6	1
<hr/>				

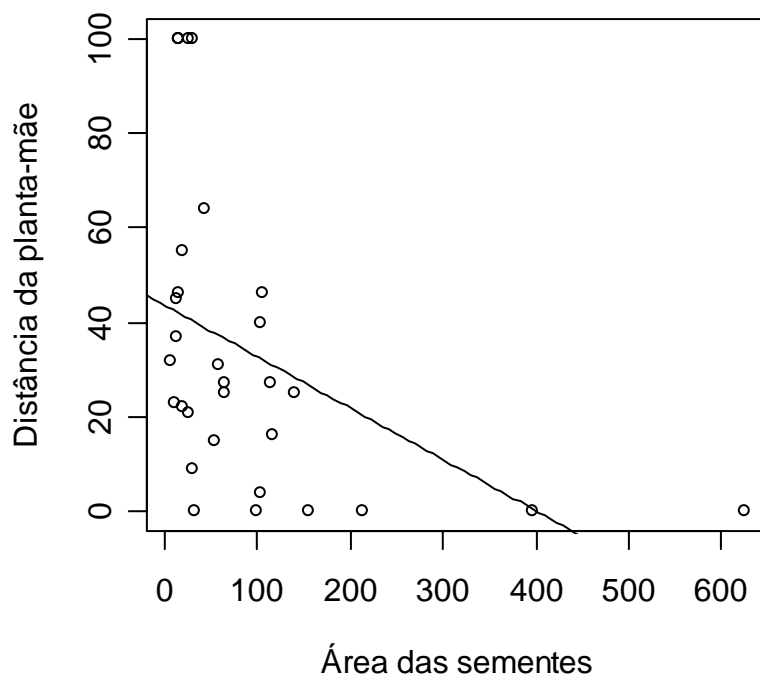


Fig. 1. Efeito da área das sementes (mm^2) de 30 espécies forrageadas por *A. robusta* sobre a distância de dispersão na Restinga da Ilha de Guriri-ES (n=30 espécies).

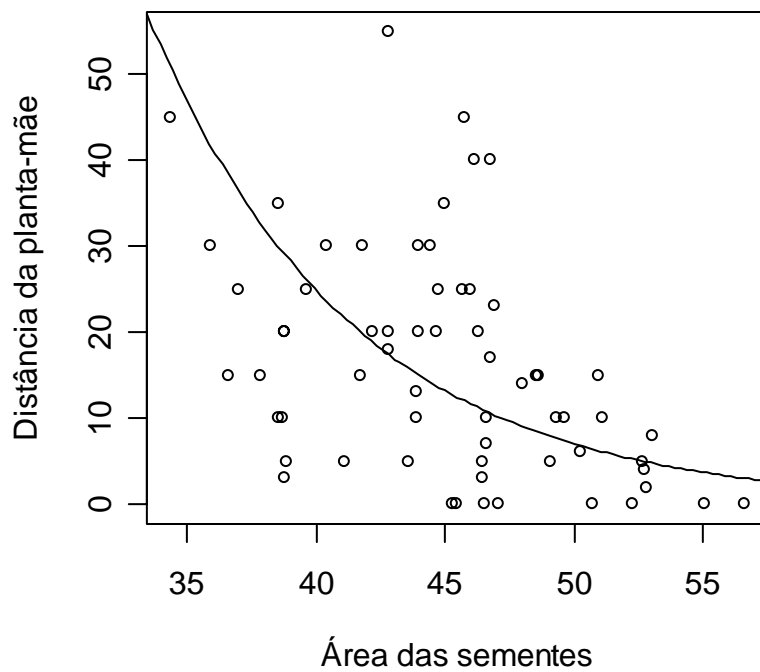


Fig. 2. Efeito da área das sementes (mm^2) de *E. rotundifolia* na distância de dispersão por *A. robusta* na Restinga da Ilha de Guriri-ES (n=9 trilhas).

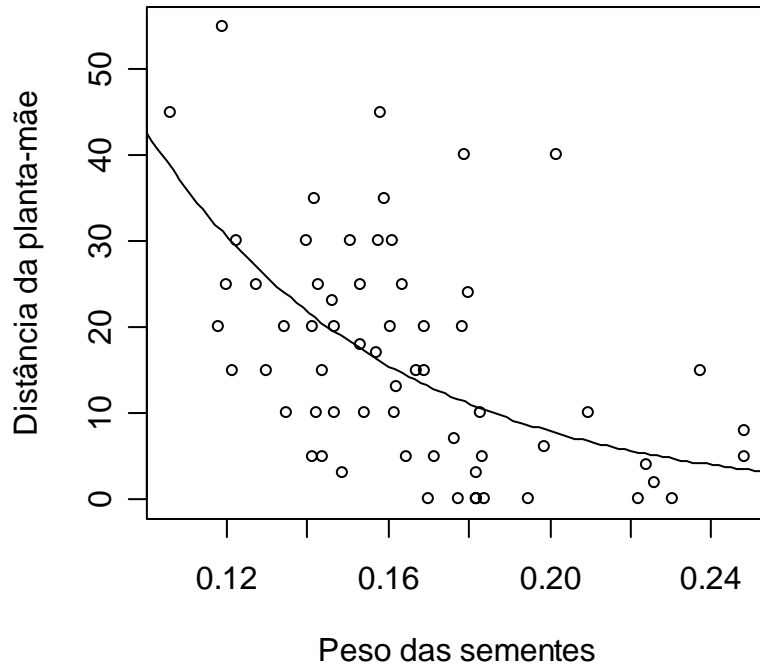


Fig. 3. Efeito do peso das sementes (g) de *E. rotundifolia* na distância de dispersão por *A. robusta* na Restinga da Ilha de Guriri-ES (n=9 trilhas).



Fig. 4. Operária máxima de *A. robusta* removendo fruto de *P. heptaphyllum* na Restinga da Ilha de Guriri.

4. Seed dispersal by *Atta robusta* Borgmeier (Hymenoptera: Formicidae): implications to germination, seed predation and seedling survival in the Restinga

Marcos C. Teixeira¹ & José H. Schoederer²

1. Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 36570-000-MG, Brazil.

2. Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 36570-000-MG, Brazil.

Correspondence:

José H. Schoederer,

Postal address: Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 36570-000-MG, Brazil.

E-mail: jschoere@ufv.br

Telephone number: +55.31.3899.4003

Summary. 1. Due to the intense seed and fruit movements to their nests, some authors suggest that ants of the genus *Atta* play important roles in plant biology.

2. We verified the influence of *A. robusta* on plant biology in the Restinga ecosystem of Guriri Island, Southeast Brazil. We hypothesised that (1) seed germination was higher, (2) seed predation was smaller (3) seedling density was higher and (4) seedling survival was larger on ant nests than beneath the parental plants.

3. Seeds on *A. robusta* nests were less predated than seeds beneath adult plants, and this result was attributed to a preference of predators to stay close to the adult plants, where seed density is usually higher.

4. Seeds manipulated by leaf-cutting ants germinated faster and in a larger number, possibly because ant manipulation removes seed cover and reduce the attack by pathogens. It is also possible that the ants scarify seed tegument.

5. On leaf-cutting ant nests seedling density was higher than under adult plants, possibly due to germination increase promoted by the ants.

6. On leaf-cutting ant nests the seedling density continued larger than under adult plants after 12 months. These differences were attributed to density-dependent effects and it is possible that seedling establishment on the nest is facilitated by larger nutrient concentrations in these sites.

7. *A. robusta*, therefore, seems to be very important to the dynamics of plant populations in Restinga ecosystems.

Keywords. Ants; *Atta robusta*; insect-plant relationship; Restinga; seed dispersal

The tribe Attini includes the ants that maintain an obligatory mutualism with fungi (Mayhé-Nunes & Jaffé, 1998), which are cultivated in their nests and that serves as food to several ants of their colonies (Stradling, 1991). Among the species of this tribe, the ants of the genus *Atta* are known by the immense number of individuals in their colonies, reaching several millions, by their high polymorphism in worker caste and by the extensive labour division among the workers (Hölldobler & Wilson, 1990). These characteristics, united to their use of fresh material cut from the plants, made some species of this genus to be key pests of agricultural crops of the Neotropical region (Cherrett, 1986).

Due to the importance of leaf-cutting ants as pests, most studies of their foraging behaviour focused on the use of leaves, although fruits and seeds represent a significant amount of the material used for fungus cultivation. *A. colombica* (Guérin), for instance, obtains up to 30% of its vegetal biomass from plant parts other than leaves, and this amount can reach 50% in the dry season (Wirth *et al.*, 1997). In the Brazilian savanna ecosystems (Cerrado), the main items foraged by Attini ants in the moist months are flowers and fruits (Leal & Oliveira, 2000). Fruits are transported through hundreds of meters to the nests, where the ants remove the structures that cover the seeds, incorporating such structures on the fungus garden. Afterwards, the ants discard the seeds, usually intact, around the piles in nest entrance (Dalling & Wirth, 1998; Leal & Oliveira, 1998).

Ants that use seeds and fruits are usually attracted by a fat body attached to the seeds, called elaiosom or aril, (Hughes *et al.*, 1994; Whitney, 2002). Nevertheless, leaf-cutting ants are more attracted by seeds without elaiosom (Pizo *et al.*, 2004).

Due to the intense movement of seeds and fruits to their nests, some studies suggest that leaf-cutting ants of the genus *Atta* play important roles in plant biology of several

tropical ecosystems (Farji-Brenner & Silva, 1996; Wirth *et al.*, 1997; Leal & Oliveira, 1998; Peternelli *et al.*, 2003). Even though this group has not been considered as important vectors to seed dispersal in the Restingas (Passos & Oliveira, 2003), studies on interactions of *Atta* with fruits and seeds are too incipient to conclude about their importance on seed dispersal and plant population dynamics.

A revision of *Atta robusta* (Borgmeier) geographic distribution (Teixeira *et al.*, 2004) revealed that this species is endemic of Restingas and is the only species of *Atta* occurring in these ecosystems. Furthermore, their colonies are very dependent on plant cover and restricted to a plant physiognomy called Myrtaceae forests (Teixeira & Schoereder, 2003). The characteristics of the distribution of *A. robusta*, added to the rapid reduction of its habitat, justified the inclusion of this species in the Brazilian official list of threatened species.

In the Restingas of the States of Rio de Janeiro (Fowler, 1995) and Espírito Santo (personal observation), Southeast Brazil, *A. robusta* ants carry fruits and seeds of several plant species to their nests. It is likely hence that this leaf-cutting ant species play an important role on seed dispersion and plant dynamics.

An advantage of seed dispersion to the plants is the reduction of seed predation and seedling mortality, because the pressure exerted by the predators and pathogens is usually decreased with the distance from the adult plants (Janzen, 1970; Connell, 1971). In the specific case of seed dispersal mediated by leaf-cutting ants these advantages might be further increased, because the soil around and on the nests accumulates nutrients (Roberts & Haithaus, 1986; Kaspari, 1993; Moutinho, *et al.*, 2003), facilitating seedling establishment. Furthermore, the removal of fruit pulp increases the germination success (Leal & Oliveira, 1998).

In this paper we describe several possible effects of the foraging of *A. robusta* for seeds and fruits on seed predation and germination, and on seedling survival. We tested the hypotheses that seeds transported by *A. robusta* suffered less predation and germinated more rapidly than seeds deposited below adult plants. We also tested the hypotheses that seedling density and survival on leaf-cutting ant nests is higher than beneath adult plants.

Materials and Methods

Study site

Fieldwork was carried out in the Guriri Island (18°43'S, 39°45'W), São Mateus, State of Espírito Santo, Southeast Brazil, from March 2005 to March 2006. In Guriri Island the original vegetation consists of Restingas, mangroves and gallery forests. In the last 25 years the vegetation suffered from several anthropogenic impacts, caused by the occupation of the island, but it still has several areas in which the Restinga conserves its original characteristics. Seed germination tests were carried out in Centro Cultural José Bahia, São Mateus, from 30 October 2005 to 25 February 2006.

Effect of *A. robusta* on seed predation

The tests were carried out with seeds of *Eugenia rotundifolia* (Casar) (Myrtaceae). According to our own field observations, *A. robusta* transports fruits of this species to the nest, where the ants remove the pulp and discard the seeds in piles near nest entrances. Seeds were manually collected on *A. robusta* nests and beneath adult plants between 27 and 30 October 2005 and taken to the laboratory for quantification of damage. All broken seeds or with marks of puncture were considered damaged. Seeds without apparent physical damage were subsequently sliced to search for the existence of insect larvae.

The proportion of damaged seeds on leaf-cutting ant nests and beneath adult plants were compared through an ANOVA, using binomial distribution corrected for overdispersion. This and all subsequent analyses were carried in the system R (R Development Core Team, 2005), and followed by residual analyses, to check for the distributions and models used.

Effect of *A. robusta* on germination

We also used *E. rotundifolia* seeds collected under adult plants to compare their germination with seeds collected on leaf-cutting ant nests. Seeds were divided into three groups: (1) seeds with pulp, collected beneath adult plants, (2) seeds collected beneath adult plants, but with the pulp removed by the authors, by hand and (3) seeds with the pulp removed by *A. robusta* workers, collected on leaf-cutting ant nests. Seeds were sowed in soil divided in 12 cells of 20 X 20 cm. We planted 25 seeds from each treatment in each cell, and each treatment occupied four non contiguous cells, summing 100 seeds planted to each treatment. Seeds were planted at 1 cm depth and maintained under the same conditions of temperature, irrigation and light. We counted seeds as germinated from the moment that they produced the first signs of plant emergence on the soil.

The number of germinated seeds was observed during 92 days and the analysis to compare them among treatments was carried out with a survival analysis, using Weibull distribution. To analyze the data we counted the number of non-germinated seeds in four occasions, and expected the number of non-germinated seeds to decay faster in seeds manipulated by ants than in non-manipulated seeds.

Effect of *A. robusta* on seedling density

We carried out these tests with the species *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand (Burseraceae), *E. rotundifolia*, *Tapirira guianensis* (Aubl.) (Anacardiaceae) and *Pera parvifolia* (Mull. Arg.) (Euphorbiaceae). These species were chosen because leaf-cutting ants were recorded foraging on their fruits.

Soon after the fructification season we ran the area to locate leaf-cutting ant nests and adult plants to data collection. This sampling consisted of counting the number of seedlings on nests and below adult plants in 0.5 X 0.5 m quadrats. In the leaf-cutting ant nests we numbered beforehand all the soil mounds forming the nest and then choose a number by chance to set the quadrat. Below the adult plants the quadrat was arbitrarily thrown. The number of quadrats varied with the plant species: to *E. rotundifolia* we set 29 quadrats, to *P. heptaphyllum* we set 43 quadrats, to *P. parvifolia* there were 26 quadrats and to *T. guianensis* 29 quadrats. To each quadrat on leaf-cutting ant nests there was another below an adult plant.

Seedling density on leaf-cutting ant nests and beneath plants was compared using an ANOVA, using Poisson distribution corrected for overdispersion. The complete model was composed by the treatment (on nests and below plants), plant species and the interaction term. The complete model was simplified by the removal of non-significant variables.

Effect of *A. robusta* on seedling survival

We verified the effect of *A. robusta* nests on the survival of seedlings of *P. heptaphyllum*. The numbers of seedlings in the plots described above were followed during one year, with observations in 25 April 2005, 15 September 2005 and 20 March 2006. To

avoid pseudoreplication, we used generalized linear mixed models, using treatment, time and the interaction in the fixed term and time in the random term.

Results

The proportion of damaged *E. rotundifolia* seeds was lower on leaf-cutting ant nests than beneath adult plants ($\chi^2 = 1197.41$; $p < 0.001$; Figure 1). Most observed damage consisted of perforations on seeds, followed by partially broken seeds. Adult Bruchidae (Coleoptera) were frequently found inside *E. rotundifolia* seeds.

Seeds collected on leaf-cutting ant nests, and therefore manipulated by the ants, germinated more efficiently than seeds which pulp was manually removed and than seeds that were collected beneath the adult plants (Deviance = 114.43; $p < 0.001$; Figure 2). Seeds manipulated by ants had an average germination time of 53.7 days, while seeds manipulated by the authors germinated in an average time of 115.6 days. Non-manipulated seeds would take in average 357.5 days to germinate.

The complete model for seedling density was significant ($\chi^2 = 7438.7$; $p < 0.001$). The interaction between treatment and plant species was non significant ($\chi^2 = 16158.5$; $p = 0.70$), meaning that all plant species responded similarly to treatment. Seedling densities of the four plant species studied were higher on *A. robusta* nests than beneath adult plants ($\chi^2 = 18438.1$; $p < 0.001$; Figure 3).

Seedling density of *P. heptaphyllum* was always higher on leaf-cutting ant nests than beneath adult plants ($t = -3.47$; $p = 0.0007$; Figure 4), and the effect of time was not significant ($t = 3.61$; $p = 0.17$) nor the interaction between treatment and time ($t = 0.86$; $p = 0.39$)

Discussion

The smaller proportion of damaged seeds on leaf-cutting ant nests than beneath adult plants of *E. rotundifolia* may be consequence of differences of seed densities between these sites. Predators usually concentrate beneath or near adult plants, where their resources are more abundant (Janzen, 1970; Connell, 1971; Howe, 1980; Jordano, 1992; Howe, 1993). Therefore, seed removal by leaf-cutting ants may reduce predation because the ants take the resources away from the sites in which the predators are more abundant.

Another factor influencing the lower seed predation on *A. robusta* nests might be the size of seeds. Seeds of *E. rotundifolia* transported by *A. robusta* to their nests are significantly smaller than those collected under the adult plants (unpublished data). The difference of seed size is probably a consequence of the relationship between the size of the workers and their load size (Roces & Hölldobler, 1994). Furthermore, ant foraging is usually complicated by physical barriers along trails (personal observation). The preference of the predator *Megacerus baeri* (Pic.) (Coleoptera: Bruchidae) for larger seeds of *Ipomoea imperati* (Vahl) (Convolvulaceae) has already been documented in Restingas of Southern Brazil (Scherer & Romanowski, 2005). Therefore, the lower predation of seeds on leaf-cutting ant nests may be a result of the transport of smaller seeds by the ants added to predator preference.

Disregarding the ultimate explanation of the lower seed predation on leaf-cutting ant nests, the obtained results are relevant because protection against seed predation may represent an essential selective force, favouring the mutualism among plants and ants (Horvitz & Schemske, 1986).

The increase of germination success of seeds manipulated by several ant species has already been documented (Oliveira *et al.*, 1995; Leal & Oliveira, 1998; Pizo & Oliveira, 2001; Passos & Oliveira, 2002; 2003; 2004), including leaf-cutting ants (Leal & Oliveira, 1998; Daling & Wirth, 1998; Farji-Breer & Illes, 2000). In general, these studies attribute the germination success to the reduction of fungus attack due to the removal of structures that cover the seeds and that may decrease their germination. Additionally, it is also possible that the ants promote seed scarification during transport and pulp removal, increasing water absorption and germination.

The higher number of seedlings registered on *A. robusta* nests, when compared to seedling densities under adult plants, is probably a direct consequence of the coupled action of lower seed predation and higher germination success. Similar results were obtained to seedlings of *Clusia criuva* (Cambess) (Clusiaceae) on *Pachycondyla striata* (Fr. Smith) (Ponerinae) nests (Passos & Oliveira, 2002) and to other seven plant species on *Odontomachus chelifer* (Latr.) (Ponerinae) nests (Passos & Oliveira, 2003) in a Restinga in São Paulo State, southeast Brazil. In *A. robusta* nests the seedling density increase occurs not only on the nests (Figure 5A), but also in the foraging access (Figure 5B). In addition to the seeds discarded by ants on their nests, there are other seeds that are abandoned along foraging trails. Because the ants frequently change their foraging trails, it is possible to observe seedling concentrations on foraging access (Figure 5C) and along foraging trails (Figure 5D). Therefore, it is possible that *A. robusta* affects plant species composition, seedling abundance, and plant spatial distribution around their nests, as it was found by some authors to other *Atta* species (Culver & Beattie, 1983; Garrettson *et al.*, 1998; Zavala-Hurtado *et al.*, 2000; Farji-Brener & Illes, 2000).

Although the seedling density on leaf-cutting ant nests remained higher than beneath adult plants after 12 months of study, there was a higher mortality on nests than under plants. Such mortality might have occurred due to a density-dependent effect. Most studies that integrate seed dispersal and plant population dynamics consider plant density as the factor responsible by the efficiency of dispersal (Clark & Clark, 1981; Peres *et al.*, 1997). Grouped seedling, as observed on *A. robusta* nests, are more subjected to intraspecific competition than isolated seedlings (Howe, 1989). Contrary to our observations, a study of *C. criuva* in Restingas demonstrated that seedling density remains high on *P. striata* nests, while away from the nests the mortality can reach to 100% (Passos & Oliveira, 2003). Possibly because *A. robusta* nests are larger than of *P. striata*, with far more workers, the seed concentration is higher on leaf-cutting ant nests, generating density-dependent mortality. Furthermore, because *P. striata* is more aggressive than *A. robusta*, it may defend the seedling more efficiently than leaf-cutting ants, which may also use them as resource.

If the trend observed in our data continues after the 12 months of study it is expected that seedling density on nests and under adult plants equals each other and the action of *A. robusta* would then cease to represent an advantage to the plants. Nevertheless, it is also possible that seedling establishing on leaf-cutting ant nests have a further advantage, caused by the usual high nutrient concentrations on the nests (Farji-Brenner & Silva, 1995; Farji-Brener & Illes, 2000; Moutinho *et al.*, 2003). Because Restinga soils are very poor, *A. robusta* nests may represent suitable microenvironments to plant establishment. The chamber in which *A. robusta* deposit their refuses are very superficial (personal observation), and therefore the nutrients released by refuse decomposition might be easily accessed by seedling roots. This hypothesis is supported by the high root density

in *A. laevigata* (Fred. Smith) nests, as well by the fast development of seedling cultivated with the soil collected in refuse chambers (Moutinho *et al.*, 2003).

Our results allow suggesting that *A. robusta* acts as moderator in seed predation reduction in Restingas and also increases germination success of the plant species whose fruits are used for foraging. Consequently, there is a high seedling concentration on leaf-cutting ant nests, foraging entrances and trails. Our results evidence the importance of *A. robusta* as dispersal agent and justify the realization of further studies of the effect of these ants on the regeneration of Restinga forests.

Acknowledgements. Our thanks to Ana Paula Agizzio, Marcos Giovanelli, Fabíola Endringer e Manoel Bernardo Neto for valuable help at fieldwork; t the Centro Cultural José Bahia team for the support during germination tests; to Alexandre F. da Silva (in memoriam), Flávia M. S. Carmo, Júlio N. C. Louzada and Terezinha M. C. Della Lucia, for critical reading and suggestions of a previous draft. JHS is supported by a CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) grant. The project was partially supported by CNPq and CAPES.

References

- Cherrett, J.M. (1986) History of the leaf-cutting ant problem. In: LOFGREN, C.S.; MEER, R.K. Vander (Comp.). Fire ants and Leaf-Cutting Ants: Biology and Management. Boulder: Westview Press, 10-17.
- Clark, D.A. & Clark, D.B. (1981) Effects of seed dispersal by animals on the regeneration of *Bursera graveolens* (Burseraceae) on Santa Fe Island, Galapagos. *Oecologia*, 49, 73-75.
- Connell, J.H. (1971) On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animal and in rain forest trees. In: *Dynamics of populations* (ed. by P.J. Den-Boer and G.R. Gradwel), pp. 298-310. Center for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.
- Culver, D.C. & Beattie, A.J. (1983) Effects of mounds on soil chemistry and vegetation patterns in a Colorado Montana Meadow. *Ecology*, 64, 485-496.
- Dalling, J.W. & Wirth, R. (1998) Dispersal of *Miconia argentea* seeds by the leaf-cutting ant *Atta colombica*. *Journal of Tropical Ecology*, 14, 705-710.
- Farji-Brener, A.G. & Silva, J.F. (1995) Leaf-cutting ant nests and soil fertility in a well-drained Savanna in Western Venezuela. *Biotropica*, 27, 250-253.
- Farji-Brener, A.G. & Silva, J.F. (1996) Leaf cutter ants (*Atta laevigata*) aid to the establishment success of *Tapirira velutinifolia* (Anacardiaceae) seedlings in a parkland savanna. *Journal of Tropical Ecology*, 12, 163-168.

- Farji-Brener, A.G. & 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, 347-350.
- Garrettson, M.; Stetzel, J.F.; Halpern, B.S.; Hearn, D.J.; Lucey, B.; McKone, M.J. (1998) Diversity and abundance of understory plants on active and abandoned nests of leaf-cutting ants (*Atta cephalotes*) in a Costa Rican forest. *Journal Tropical Ecology*, 14, 17-26.
- Gorb, S.N., Gorb, E.V., Puntilla, P. (2000) Effects of redispersal of seeds by ants on the vegetation patterns in a deciduous forest: a case study. *Acta Oecologica*, 21, 293-301.
- Hölldobler, B. & Wilson, E.O. (1990) *The ants*. Massachusetts: Harvard University Press.
- Horvitz, C.C. & Schemske, D.W. (1986) Seed dispersal of a neotropical myrmecochore: variation in removal rates and dispersal distance. *Biotropica*, 18, 319-323.
- Howe, H.F. (1980) Monkey dispersal and waste of a tropical fruit. *Ecology*, 61, 944-959.
- Howe, H.F. (1989) Scatter-and clump-dispersal and seedling demography: hypothesis and implications. *Oecologia*, 79, 417-426.
- Howe, H.F. (1993) Aspects of variation in a Neotropical seed dispersal system. In: *Frugivory and seed dispersal: Ecological and Evolutionary aspects* (ed. by T.D. Fleming and A. Estrada) pp 149-162. Kluwer Academic Publishers, Belgium.

- Hughes, L., Westoby, M., Jurado, E. (1994) Convergence of elaiosomes and insect prey: evidence from ant foraging behaviour and fatty acid composition. *Functional Ecology*, 8, 358-365.
- Janzen, D.H. (1970) Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist*, 104, 521-528.
- Jordano, P. (1992) Fruits and frugivory. In: *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities* (ed. by M. Fenner) pp. 105-156. Cab International, Wallingford.
- Kaspari, M. (1993) Removal of seeds from neotropical frugivore feces: ants responses to seed number. *Oecologia*, 95, 81-88.
- 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.P. & 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.
- Mayhé-Nunes, A.J. & Jaffé, K. (1998) On the biogeography of Attini (Hymenoptera: Formicidae). *Ecotropicos*, 11, 45-54.
- 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.
- Oliveira, P.S; Galleti, M.; Pedroni, F., Morellato, L.P.C. (1995) Seed Cleaning by *Mycocepurus goeldii* ants (Attini) facilitates germination in *Hymenaea courbaril* (Caesalpiniaceae). *Biotropica*, 4, 518-522.

- Passos, L. & Oliveira, P.S. (2002) Ants affect the distribution and performance of seedlings of *Clusia criuva*, a primarily bird-dispersed rain forest tree. *Journal of Ecology*, 90, 517-528.
- Passos, L. & Oliveira, P.S. (2003) Interactions between ants, fruits and seeds in a restinga forest on south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 19, 261-270.
- Passos, L. & Oliveira, P.S. (2004) Interaction between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sandy plain rainforest: ant effects on seeds and seedlings. *Oecologia*, 139, 376-382.
- Peres, C.A., Schiesari, L.C., Dias-Leme, C.L. (1997) Vertebrate predation of Brazil-nut, an agouti-disperse Amazonian seed crop (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae): a test of the escape hypothesis. *Journal of Tropical Ecology*, 13, 69-70.
- Peternelli, E.F.O., Lucia, T.M.C.D., Peternelli, L.A., Martins, S.V., Borges, E.E.L. (2003) The interaction among workers of the genera *Atta* and *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) and seeds of *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae), a pioneer tree species in Brazil. *Sociobiology*, 3, 597-603.
- Pizo, M.A. & Oliveira, P.S. (2000) The use of fruits and seeds by ants in the Atlantic forest of southeast Brazil. *Biotropica*, 32, 851-861.
- 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.
- Pizo, M.A., Passos, L., Oliveira, P.S. (2004) Ants as seed dispersers of fleshy diaspores in Brazilian Atlantic Forests, In: *Seed fate: predation and secondary dispersal* (ed. by.,

- P.-M. Forget, J.E. Lambert, P.E. Hulme, S.B. Vander Wall), pp. 315-329. CAB International. Wallingford.
- R Development Core Team (2005) R: a language and environment for statistical computing. ISBN 3-900051-00-3, URL (<http://www.R-project.org>)
- Roberts, J.T. & Haithaus, E.R. (1986) Ants rearrange the vertebrate-generate seed shadow of a neotropical fig tree. *Ecology*, 67, 1046-1051.
- Roces, F. & Hölldobler, B. (1994) Leaf density and a trade-off between a load-size selection and recruitment behavior in the ant *Atta cephalotes*. *Oecologia*, 97, 1-8.
- Scherer, K.Z. & Romanowski, H.P. (2005) Predação de *Megacerus baeri* (Pic, 1934) (Coleoptera: Bruchidae) sobre sementes de *Hipomoea imperati* (Convolvulaceae) na praia da Joaquina, Florianópolis, Sul do Brasil. *Biotemas*, 18, 39-55.
- Stradling, D.J. (1991) An introduction to the fungus-growing ants, Attini. In: *Ant-Plant Interactions* (ed. by D.F. Cutler and C.R. Huxley) pp. 15-18. Oxford University Press, Oxford.
- 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* (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology*, 32, 615-623.

- Teixeira, M.C., Schoederer, J.H., Louzada, J.N.C. (2004) Occurrence of *Atta robusta* Borgmeier (Hymenoptera: Formicidae) in the North of Espírito Santo State, Brazil. *Neotropical Entomology*, 33, 265-266.
- Wirth, R.W., Bayschlag, W., Ryel, R.J., Hölldobler, B. (1997) Annual foraging pattern of the leaf-cutting ant *Atta colombica* (L.) in a seasonally wet semi-deciduous rain forest in Panamá. *Journal of Tropical Ecology*, 13, 741-757.
- Withney, K.D. (2002) Dispersal for distance? *Acacia ligulata* seeds and meat ants *Iridomyrmex viridianeus*. *Austral Ecology*, 27, 589-595.
- Zavala-Hurtado, J.A.; Valverde, P.L.; Herrera-Fuentes, M.C.; Diaz-Solis, A. (2000) Influence of leaf-cutting ants (*Atta mexicana*) on performance and dispersion patterns of perennial deserts shrubs in an enter-tropical region of Central Mexico. *Journal of Arid Environments*, 46, 93-102.

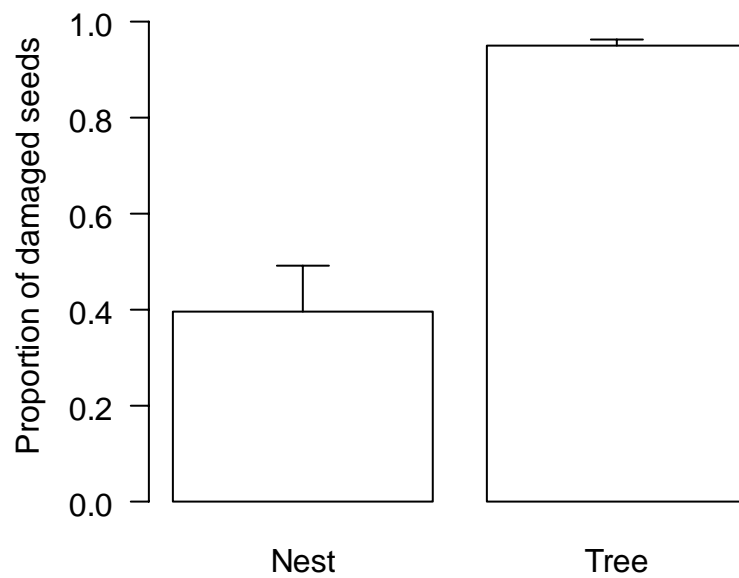


Fig. 1. Proportion of *E. rotundifolia* damaged seeds on *A. robusta* nests (n = eight nests) and beneath adult plants (n = eight plants). Vertical lines are the mean standard errors.

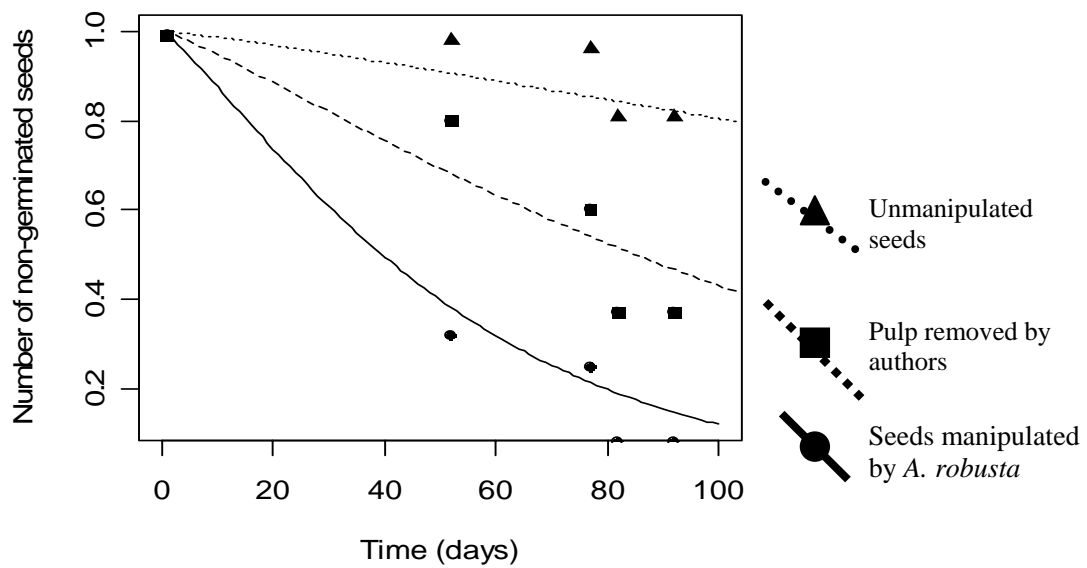


Fig. 2. Decay on the number of non-germinated seeds of *E. rotundifolia* in three treatments. Seeds manipulated by *A. robusta* ants (continuous line) germinated faster than seeds whose pulp was removed by the authors (dashed line), and these latter germinated faster than unmanipulated seeds (dotted line). Number of seeds in each treatment = 100.

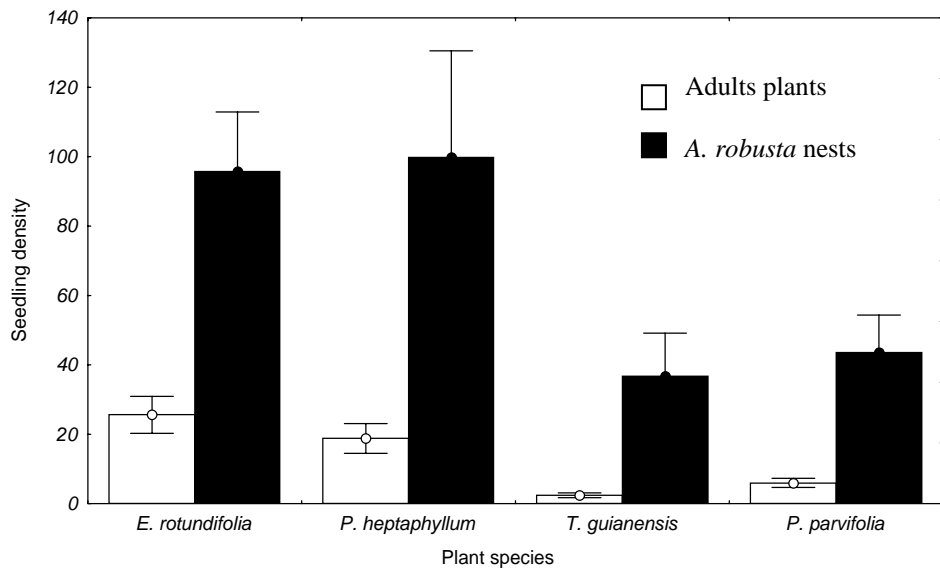


Fig. 3. Effect of the nests of *A. robusta* (black columns) on the number of seedlings of four plants species on Restinga. Vertical lines are the mean standard errors.

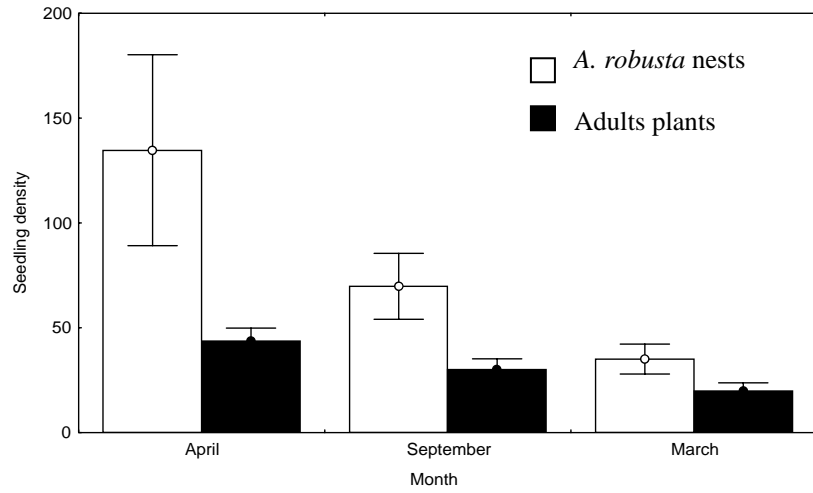


Fig. 4. Seedling *P. heptaphyllum* survival on leaf-cutting ant nests (n = 24 quadrats) and below adult plants (n = 24 quadrats) in Restinga. Vertical lines are mean standard errors.



Fig. 5. Seeds and seedling on leaf-cutting ant nests in the Guriri Island Restinga, Espírito Santo, Brazil. **A.** *P. heptaphyllum* seedlings on *A. robusta* nests; **B.** *E. rotundifolia* seeds near the nest entrance; **C.** *T. guianensis* seedlings on the nest entrance; **D.** *P. heptaphyllum* seedlings along the trail of *A. robusta*.

5. Conclusões gerais

A. robusta interage com frutos e sementes durante todo o ano nos ecossistemas de Restingas. A interação consiste no transporte dos frutos cujas sementes podem ser abandonadas ao longo da trilha de forrageamento ou levadas para os ninhos no interior do solo. Dessa forma, um dos benefícios da interação de *A. robusta* com frutos e sementes é a dispersão das sementes de diversas espécies de plantas. Além disso, as formigas promovem a retirada da estrutura que recobre as sementes (polpa ou arilo) para, em seguida, devolvê-las para a superfície do solo onde são descartadas em pilhas nas proximidades dos ninhos. A retirada da polpa ou arilo é benéfica para algumas plantas porque facilitam a germinação e reduz as chances de serem predadas.

A. robusta apresenta um limite de capacidade de carga e esse aspecto influencia na definição das espécies de plantas que podem se beneficiar da dispersão de sementes. O tamanho das sementes é um fator importante na definição da distância que as sementes de cada espécie serão transportadas, pois espécies que produzem sementes menores podem ser transportadas por maiores distâncias e têm maiores chances de atingirem os ninhos. Esse padrão ocorre mesmo entre sementes de uma mesma planta, apesar da pequena variação no tamanho das sementes.

A facilitação da germinação e a menor predação de sementes sobre os ninhos favorecem a alta densidade de plântulas nesses locais em comparação com o solo sob as plantas-mãe, mesmo após 12 meses de observação. As plântulas que sobrevivem aos efeitos da densidade, possivelmente, são beneficiadas pela maior concentração de nutrientes nos ninhos de *A. robusta*, conforme já registrado para outras saúvas.

Devido à grande capacidade de carga e do total de interações com frutos e sementes *A. robusta* representa um importante dispersor de sementes e pode desempenhar importantes papéis na dinâmica das populações de plantas nesses ambientes. Os resultados obtidos neste estudo abrem diversas perspectivas de investigação sobre o tema. Espera-se que os conhecimentos produzidos possam contribuir para a compreensão dos efeitos das interações de *A. robusta* com frutos e sementes na dinâmica dos ecossistemas de Restingas.