

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIENCIAS BIOLOGICAS
DEPARTAMENTO DE BOTANICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL**

**DISPERSÃO DE SEMENTES POR FORMIGAS NA FLORESTA ATLÂNTICA
NORDESTINA**

RECIFE, 2007

URSULA ANDRES SILVEIRA DA COSTA

**DISPERSÃO DE SEMENTES POR FORMIGAS NA FLORESTA ATLÂNTICA
NORDESTINA**

RECIFE, 2007

URSULA ANDRES SILVEIRA DA COSTA

**DISPERSÃO DE SEMENTES POR FORMIGAS NA FLORESTA ATLANTICA
NORDESTINA**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós –
Graduação em Biologia Vegetal da Universidade
Federal de Pernambuco como pré-requisito para
obtenção do título de mestre.**

**Linha de Pesquisa: Ecologia de Populações e
Comunidades Vegetais**

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Inara R. Leal

RECIFE, 2007

Costa, Ursula Andres Silveira da

**Dispersão de sementes por formigas na floresta Atlântica nordestina/
Ursula Andrés Silveira da Costa. – Recife : O Autor, 2007.**

68 folhas: il., fig., tab.

**Dissertação (mestrado) – Biologia Vegetal - Universidade Federal de
Pernambuco. CCB, 2007.**

Inclui bibliografia e anexos.

**1. Dispersão direcionada. 2. Dispersão secundária. 3. Diásporos não-
mirmecocóricos. 4. Experimentação de remoção. 5 Testes de
germinação I. Título**

581.189.1 CDU (2.ed.)

580 CDD (22.ed.)

UFPE

CCB – 2007-088

URSULA ANDRES SILVEIRA DA COSTA

**DISPERSÃO DE SEMENTES POR FORMIGAS NA FLORESTA ATLANTICA
NORDESTINA**

BANCA EXAMINADORA

Profª Drª Inara R. Leal – Departamento de Botânica, UFPE – Orientadora

Prof Dr Eric Fischer – Departamento de Biologia, UFMS – Membro titular externo

Prof Dr Marcelo Tabarelli – Departamento de Botânica, UFPE – Membro titular interno

Profª Drª Cibele Castro – Departamento de Biologia, UFRPE – Membro suplente

Prof Dr André Maurício dos Santos - Departamento de Biologia, CAV – Membro suplente

EM TEMPO:

NA 14ª LINHA, ONDE SE LÊ Dra. ELIANA AKIE SIMABUKURO, LÊ-SE Dra. INARA ROBERTA LEAL.

HOMOLOGADA
04/03/04

ATA DA PROVA PÚBLICA DE DEFESA DA DISSERTAÇÃO DA ALUNA URSULA ANDRES SILVEIRA DA COSTA, DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL DO CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.

FEDERAL DE PERNAMBUCO.
 Às oito e trinta, do dia quatroze de fevereiro de dois mil e sete, na sala de aula teórica, do Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, do Centro de Ciências Biológicas, realizou-se a prova pública de dissertação da Mestranda **URSULA ANDRES SILVEIRA DA COSTA**, intitulada: "DISPERSÃO DE SEMENTES POR FORMIGAS NA FLORESTA ATLÂNTICA NORDESTINA". A Banca Examinadora teve como membros titulares os Professores: a Dra. INARA ROBERTA LEAL, do Departamento de Botânica, da Universidade Federal de Pernambuco e Orientadora da aluna; o Dr. MARCELO TABARELLI, do Departamento de Botânica, da Universidade Federal de Pernambuco, e o Dr. ERIC ARNOLD FISCHER, do Departamento de Botânica, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Como Membro Suplente, a Dra. CIBELE CARDOSO CASTRO, do Departamento de Botânica, da Universidade Federal Rural de Pernambuco e o Dr. ANDRE MAURICIO MELO DOS SANTOS. O Dr. MARCCUS ALVES, na qualidade de Coordenador do Programa, iniciou a sessão apresentando os membros da banca e convidando em seguida a Dra. ELIANA AKIE SIMABUKURO para presidir a sessão, na qualidade de orientadora da aluna. A Dra. INARA ROBERTA LEAL convidou a aluna para fazer a exposição do seu trabalho. Após a apresentação da aluna, a Dra. INARA ROBERTA LEAL convidou o Dr. ERIC ARNOLD FISCHER, para fazer a sua arguição em forma de diálogo. Em seguida, a mestranda foi arguida, também em forma de diálogo, pelo Dr. MARCELO TABARELLI. Após o término das arguições, a Dra. INARA ROBERTA LEAL teveu agradecimentos aos membros da banca pelas sugestões, fez alguns comentários sobre o trabalho de sua orientanda, e em seguida solicitou aos presentes que se retirassem por alguns instantes para que se procedesse a avaliação da mesma. Após reunir-se, a Banca Examinadora atribuiu a Mestranda **URSULA ANDRES SILVEIRA DA COSTA**, a seguinte menção: "APROVADA", por unanimidade, e face a este resultado a mesma está apta a receber o grau de Mestre em Biologia Vegetal pela Universidade Federal de Pernambuco. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada às 11:00 h., e para constar como Coordenador, EU, MARCCUIS ALVES, lavrei, datei e assinei esta ATA, que também assinam os demais presentes.
 Recife, 14 de fevereiro de 2007.

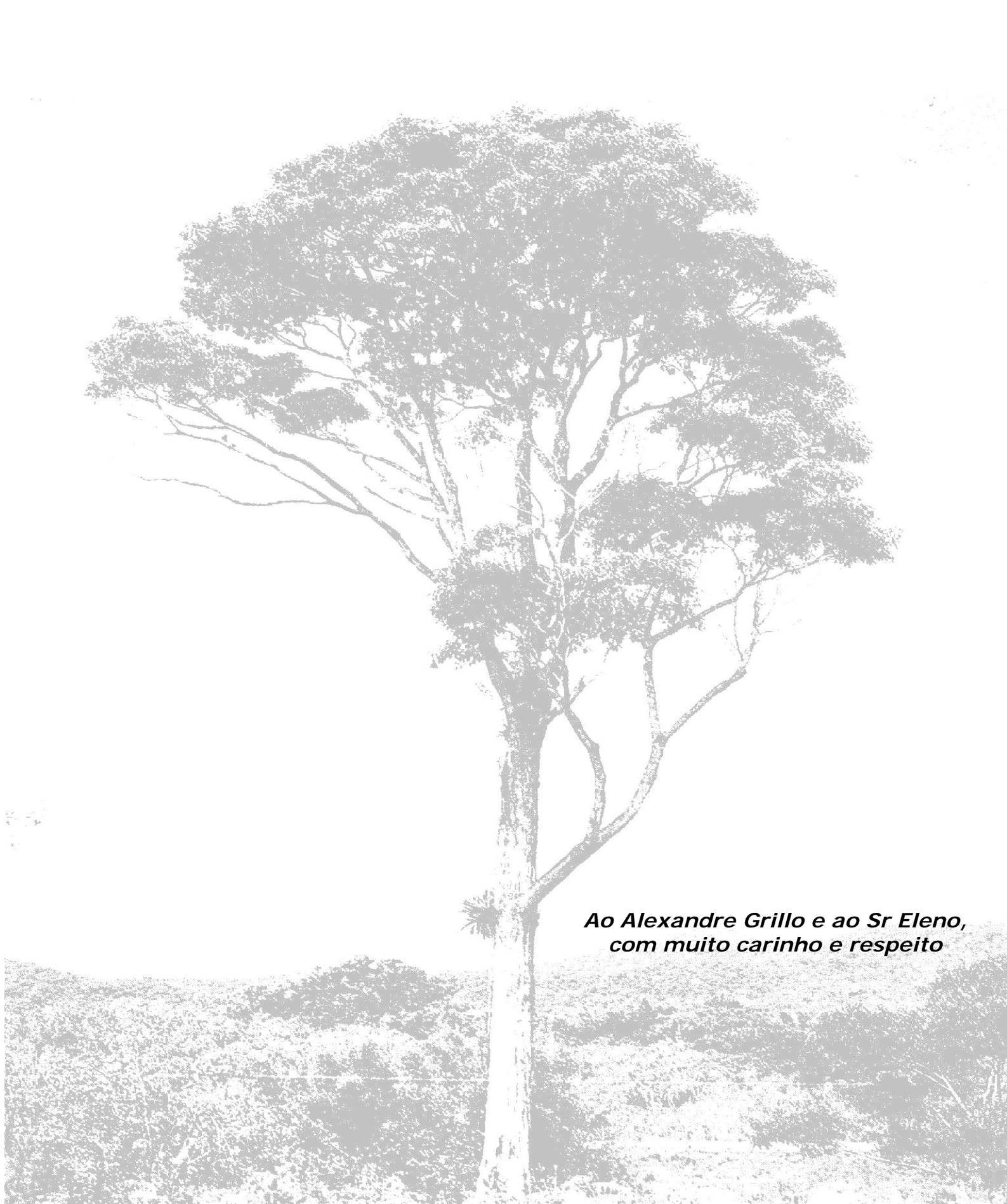
Ricardo Figueroa Falcón
Clarissa H. Pérez Hernández
Walter H. Cordero

Amaro R. Lal
Adrian Shairl
Garcia Pisco
Jarama B.P.
Maurice Exe

Maria del Carmen
Hernandez
Manuel
Ute K.
UNION & CUSTO.

Sumário

Dedicatória.....	v
Agradecimentos.....	vi
I. Introdução geral.....	1
II. Revisão da literatura.....	2
<i>Mata Atlântica.....</i>	<i>2</i>
<i>Dispersão de sementes.....</i>	<i>3</i>
<i>Dispersão de sementes por formigas.....</i>	<i>4</i>
III. Referências bibliográficas.....	5
IV. Manuscrito.....	11
Resumo.....	12
Abstract.....	13
Introdução.....	14
Materiais e métodos.....	15
Área de estudo.....	15
<i>Interação entre formigas e diásporos.....</i>	<i>16</i>
<i>Experimentos de remoção dos diásporos.....</i>	<i>16</i>
<i>Testes de germinação.....</i>	<i>17</i>
<i>Análise química e penetrabilidade dos solos dos formigueiros e controle.....</i>	<i>18</i>
<i>Análise estatística.....</i>	<i>19</i>
Resultados.....	19
<i>Interação entre formigas e diásporos.....</i>	<i>19</i>
<i>Experimentos de remoção dos diásporos.....</i>	<i>20</i>
<i>Testes de germinação.....</i>	<i>21</i>
<i>Análise química e penetrabilidade dos solos dos formigueiros e controle.....</i>	<i>22</i>
Discussão.....	22
Agradecimentos.....	25
Referências bibliográficas.....	26
Tabelas.....	32
Legendas das Figuras.....	47
Figuras.....	58
V. Conclusões.....	55
VII. Instruções para preparação do manuscrito: <i>Biotropica</i>.....	56



*Ao Alexandre Grillo e ao Sr Eleno,
com muito carinho e respeito*

Agradecimentos

À minha família, pelo eterno apoio, amo-as muito, sempre e a todo instante.

À minha querida orientadora e amiga Inara Leal, por ensinar tudo que aprendi desde a orientação na monografia, dissertação e pelo seu caráter na formação de seus alunos. A minha eterna gratidão e à pessoa maravilhosa que é com todos e principalmente comigo, meu sincero respeito e admiração por tudo que faz.

À minha querida amiga Clarissa Knoechelmann, pela sua presença constante e por suas críticas sempre curta e grossa no meu trabalho e na minha formação, estamos no mesmo barco e podemos usar apenas um salva-vidas.

Ao Marcelo Tabarelli, com suas palavras cruas, mas sinceras.

À Prof^a Cleide Albuquerque e à Prof^a Luciana Ianuzzi, por disponibilizarem a balança de precisão para as medidas da biomassa das plântulas. E também à Juliana Gomes Pessoa, pela paciência e identificação das formigas no momento mais crítico no final do trabalho.

Ao Paulo Sávio e à Ana Gabriela, pelo apoio em campo e dicas fundamentais para realização desse trabalho, suas críticas me ajudaram bastante. É bom saber que sempre posso contar com a participação de vocês.

Ao Sr Eleno (*In memoriam*, O homi, faça isso não), por sua gratidão e sabedoria doada sempre quando o procurávamos. O homem mais sábio que já conheci em toda minha existência.

Ao Alexandre Grillo (*In memoriam*), os amigos não morrem enquanto permanecem vivos no coração de alguém.

Ao seu André Santos, pelo ser humano encantador e imprescindível na formação de todo aluno que tenha o prazer em conhecê-lo.

Ao meu querido Bráulio Santos (O folha), por ter corrigido todos os meus trabalhos e pelas broncas recebidas quando me retornava uma versão, meus sinceros agradecimentos.

À querida Walkíria, minha professora particular de estatística. Sei que posso contar sempre com sua ajuda e sensatez, meus sinceros respeitos.

Ao Marcondes Oliveira, por sua gentileza sempre tranquila na identificação das minhas plantas e pelos trabalhos em congressos que publicamos juntos.

Aos relatores mirins pelas críticas sugeridas, em especial a Patrícia Cara, Clarissa e a Gabi.

Aos meus queridos amigos, colegas do programa e ao subgrupo dos etílicos: Patrícia (Cara), Janaina, Oswaldo (nos experimentos noturnos), Manoel, Sebastian, Wanessa, Veralucia Barbosa, Eduardo Pinto, Adaíses, Juliana Brasília, Lisi, Tia Neide (doutora aos 60), Bruno e Severino.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação de Biologia Vegetal, pelas críticas durante os seminários integrados do programa, em especial, à Prof^a Cecília Costa, pela sua aula maravilhosa que me deixou ainda mais atordoada com a estatística.

Ao CNPq, pelo financiamento da bolsa concedida e a Usina Serra Grande, por permitir a realização deste e outros trabalhos na base de pesquisa.

E finalmente ao f. de uma mãe do Timbu, por ter derrubado minha marmita-sorvete do almoço e me feito passar fome o dia todo. Minha sincera raiva de não o ter exterminado (O Ricardo Fernandez), o exterminador arrependido.

I. Introdução geral

O processo de dispersão de sementes e o estabelecimento das plântulas são fases cruciais para o ciclo de vida da maioria das espécies vegetais. Essas etapas são importantes para a distribuição das populações e, conseqüentemente, para a estrutura e a manutenção da comunidade vegetal (Howe & Smallwood, 1982). A dispersão de sementes evoluiu de forma independente com os seus dispersores nas diversas famílias de Angiospermas (Beattie, 1985). A dispersão de diásporos por frugívoros tem sido bastante documentada nas florestas tropicais (Howe & Smallwood, 1982; Griz & Machado, 1998). Por exemplo, na floresta Atlântica, até 90% das espécies de árvores produzem frutos cujas sementes são dispersas por animais (Howe & Smallwood, 1982; Terborgh *et al.*, 2002). Esse padrão está relacionado à alta diversidade de animais com potencial para dispersar as sementes a grandes distâncias em relação à planta parental (Janzen, 1970).

Com o aumento do processo de perda e fragmentação de habitats, muitos vertebrados frugívoros (*e.g.*, aves, morcegos, pacas, cutias e guaribas) tiveram suas populações bastante reduzidas, ou mesmo eliminadas localmente, por causa da pressão de caça nos pequenos fragmentos florestais (Almeida *et al.*, 1995; Silva & Tabarelli, 2000; Sá-Neto, 2003). Esse processo de defaunação termina influenciando, diretamente, a distribuição espacial da população e, conseqüentemente, toda a estrutura da comunidade vegetal, e, indiretamente, a substituição de espécies que prestam determinados serviços ecológicos (Silva & Tabarelli, 2000; Tabarelli & Perez, 2002; Passos & Oliveira, 2004). Como conseqüência desses processos, surge o interesse de se estudar outras interações que possam beneficiar o mecanismo de dispersão dos diásporos.

A dispersão de semente por formigas, ou mirmecocoria, é um processo bastante conhecido, ocorrendo em mais de 60 famílias de Angiosperma (Beattie, 1983). É comum em vários ambientes do mundo (Beattie, 1985), mas tem sido mais freqüentemente documentado em alguns ecossistemas áridos da Austrália e África do Sul (*e.g.*, Beattie, 1995; Bond & Slingsby, 1983). No Brasil, a dispersão de sementes por formigas foi estudada em vários ecossistemas como floresta semidecídua (Oliveira *et al.*, 1995; Passos & Ferreira, 1996), floresta Atlântica (Pizo & Oliveira, 1998; 2000; 2001), Cerrado (Leal & Oliveira, 1998; 2000), restingas (Passos & Oliveira, 2002; 2003; 2004) e Caatinga (Leal, 2003; Leal *et al.*, 2007). Na floresta Atlântica nordestina, ainda são escassos os trabalhos que investigam a dispersão de sementes por formigas (mas veja Alves, 2005; Agra, 2006; Marques, 2006).

Com base no cenário de perda de habitat e defaunação dos vertebrados frugívoros da floresta Atlântica Nordeste nos últimos anos (Coimbra-Filho & Câmara, 1996), e dada à importância do papel ecológico das formigas como dispersoras de sementes em outros ecossistemas, o objetivo

deste trabalho foi descrever os mecanismos da dispersão de sementes mediados por formigas na floresta Atlântica nordestina.

II. Revisão da literatura

Floresta Atlântica

Segundo Mittermeier *et al.* (1997), define-se como *hotspot* um ecossistema que apresente as seguintes características: (1) um número expressivo de espécies endêmicas, que, portanto, sofre maior risco de extinção; (2) 75% ou mais da vegetação original destruída; e (3) um alto nível de ameaça enfrentado pelas espécies no seu habitat natural. Mundialmente, são conhecidos 25 *hotspot*, e, dentre eles, a floresta Atlântica é considerada uma das cinco regiões mais ricas e ameaçadas do mundo (Myers *et al.*, 2000), perdendo apenas para os Andes Tropicais, a região de Sundaland na Indonésia, o Mediterrâneo, a ilha de Madagascar e as ilhas do Oceano Índico. Dos *hotspot* identificados para a América do Sul, o Brasil comporta, além da floresta Atlântica, também o Cerrado¹.

Contando com apenas 7-8% da cobertura vegetal original (Gallindo-Leal & Câmara, 2003; Porto *et al.*, 2006), a floresta Atlântica ainda possui 20.000 espécies de plantas vasculares, sendo 8.000 mil endêmicas, 261 espécies de mamíferos (73 endêmicas), 620 de aves (181 endêmicas), 200 de répteis (60 endêmicas) e anfíbios 280 (253 endêmicas) (MMA, 2002). No entanto, essa biota não se distribui de forma homogênea, mas em regiões determinadas como Centros de Endemismo (*sensu* Prance, 1982). As florestas das costas dos estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte formam o Centro de Endemismo Pernambuco, ou floresta Atlântica nordestina, que possui cerca de 3% da cobertura da floresta original (Pôrto *et al.*, 2006).

A floresta Atlântica nordestina remanescente apresenta-se em arquipélagos de pequenos fragmentos isolados e imersos em uma matriz de cana-de-açúcar (Ranta *et al.*, 1998). Alguns processos ecológicos como polinização, dispersão de diásporos e imigração são interrompidos por essa alteração da paisagem natural. Ademais, fragmentos de pequeno e médio porte (<500ha) estão desestruturados para manter populações viáveis e processos vitais para manutenção da comunidade biológica (Tabarelli, 1998). Dessa forma, a redução no tamanho das populações de alguns dispersores, ou, em alguns casos, a extinção local da espécie, termina afetando diretamente as

¹ O Cerrado, considerado a segunda maior ecorregião natural do Brasil, e ocupando o 11º lugar dos *hotspots* mundiais, abriga 10.000 plantas vasculares, sendo 44% de espécies endêmicas. Na década de 1970 e 1980, o Cerrado foi severamente destruído, perdendo quase 67% da área original, que foi totalmente modificada e convertida em áreas para agricultura. Atualmente, apenas 20% encontra-se com vegetação nativa. Para agravar ainda mais a situação, apenas 3% da região estão em áreas de preservação (ver Mittermeier *et al.* 2003).

populações de espécies vegetais. De fato, Silva & Tabarelli (2000) previram a extinção local de 34% das espécies vegetais da floresta Atlântica nordestina devido à extinção local de vertebrados frugívoros de grande porte. A eliminação local dessas espécies pode afetar não só a dinâmica e estrutura da interação planta-dispersor, como, também, modificar a estrutura trófica do ecossistema, ocasionando um efeito cascata (Silva & Tabarelli, 2000). Com a eliminação dos dispersores potenciais, as espécies vegetais apresentam baixos níveis de recrutamento, distribuição agregada e baixa ocupação da área (Howe, 1984), resultando no adensamento de plântulas sob a planta parental, com altas taxas de mortalidade (Janzen, 1970; Silva, 2003; Silva *et al.*, 2007).

Dispersão de sementes

As plantas desenvolveram uma ampla variedade de estratégias de dispersão para longe da planta-mãe. Algumas espécies não precisam de vetores para lançar seus diásporos a longas distâncias (dispersão autocórica). Por outro lado, na grande maioria dos casos, as espécies vegetais necessitam de vetores para dispersão, podendo ser o vento (dispersão anemocórica), a água (hidrocórica) ou animais (zoocórica) (Wilson & Travesset, 2000).

Algumas hipóteses tentam explicar as vantagens da dispersão de sementes, como o escape das altas taxas de mortalidade de sementes e plântulas sob ou próximo à planta parental (Hipótese de escape; Janzen, 1970; Howe & Smallwood, 1982), a colonização de novos habitats (Hipótese de colonização; Howe & Smallwood, 1982) e a dispersão para microhabitats favoráveis à germinação e posterior estabelecimento (Hipótese da dispersão direcionada, Howe & Smallwood, 1982).

A dispersão de sementes feitas por animais pode ser considerada uma relação mutualística, onde as plantas se beneficiam com a dispersão e os animais obtêm alimento seja dos frutos carnosos ou das reservas da própria semente (Raven, 2001). Porém, alguns grupos de dispersores apresentam características específicas para exercerem essa função e otimizarem a captura e posterior dispersão das sementes. O tamanho do diásporo e o conteúdo de lipídios e açúcares estão entre os principais fatores que influenciam os dispersores (Pizo & Oliveira, 1998; 2001).

Como já enfatizado, o processo de perda e fragmentação de habitats pode levar à redução das populações de grandes dispersores de sementes (Silva & Tabarelli, 2000). Entretanto, alguns grupos podem ser favorecidos, como morcegos, mesopredadores e formigas, os quais podem ter sua abundância aumentada em consequência da fragmentação (Sá-Neto, 2003; Urbas *et al.*, 2007), tornando-se dispersores viáveis e importantes para a manutenção das populações vegetais de áreas fragmentadas como a floresta Atlântica nordestina. No entanto, pouco ainda se conhece acerca do papel ecológico dessas espécies na floresta Atlântica nordestina.

Dispersão de sementes por formigas

A dispersão de sementes mediada por formigas é conhecida como mirmecocoria. Existem basicamente dois mecanismos de dispersão de sementes por formigas. O primeiro mecanismo é realizado por formigas granívoras que, ao predarem as sementes, também podem atuar como dispersoras (Handel & Beattie, 1990). Estas formigas coletam uma grande quantidade de sementes e transportam-nas ao ninho onde as comem. Durante o transporte, entretanto, algumas sementes são perdidas pelas formigas e podem germinar e se estabelecer em novos locais (Beattie, 1985; Horvitz, 1981). Contudo, como as formigas comem mais sementes do que perdem, este mecanismo de dispersão parece beneficiar mais as formigas do que as plantas, sendo mais uma relação predatória do que mutualística (Handel & Beattie, 1990).

O segundo mecanismo de dispersão é a mirmecocoria verdadeira, que envolve plantas que produzem um corpo gorduroso preso externamente à semente chamado de elaiossomo (van der Pijl, 1982). As formigas são atraídas pelo elaiossomo e utilizam-no como apoio mecânico no transporte das sementes até o ninho. Nestes locais, os elaiossomos são comidos e as sementes, normalmente intactas, são lançadas no interior dos formigueiros ou levadas para a superfície e descartadas nas lixeiras (Horvitz & Beattie, 1980; O'Dowd & Hay, 1980). Embora as formigas usualmente transportem as sementes por curtas distâncias quando comparadas com mamíferos e aves (Bond & Slingsby, 1984), a mirmecocoria pode trazer uma série de benefícios às plantas, como: (1) a diminuição da competição e predação das sementes (Handel, 1978; O'Dowd & Hay, 1980), (2) o escape das sementes ao fogo, mais relevante em ambientes constantemente atingidos por queimadas (Bond & Slingsby, 1983), e (3) o transporte das sementes para solos próximos aos formigueiros, enriquecidos em nutrientes e favoráveis à germinação (Culver & Beattie, 1983; Rissing, 1986; Leal, 2003; Leal et al. 2007).

Um terceiro mecanismo de dispersão de sementes por formigas tem se tornado bastante freqüente em ecossistemas neotropicais, a dispersão secundária de diásporos não mirmecocóricos (e.g., Oliveira et al., 1995; Pizo & Oliveira, 2000; Leal & Oliveira, 1998; Passos & Oliveira, 2003). Apesar dos diásporos não apresentarem adaptações especiais para serem dispersos por formigas, como os frutos carnosos e sementes ariladas, a atividade das formigas tem importantes conseqüências para as populações vegetais como rearranjo da distribuição de sementes gerada pelos dispersores primários, influenciando o sucesso reprodutivo das plantas e a estrutura espacial das suas populações (Robert & Heithaus, 1986; Kaspari, 1993; 1996). Além disto, através da remoção da polpa dos frutos e do arilo das sementes, as formigas podem também reduzir o ataque de fungos sobre os frutos maduros caídos no solo de florestas úmidas, facilitando a germinação das sementes (Oliveira et al., 1995; Leal & Oliveira, 1998; Pizo & Oliveira, 2000; Passos & Oliveira, 2003).

A dispersão secundária de diásporos não-mirmecocóricos por formigas já foi estudada em vários ambientes do Brasil, como floresta semidecídua (Oliveira et al., 1995), floresta Atlântica (Pizo & Oliveira, 1998; 2000), Cerrado (Leal & Oliveira, 1998; 2000) e restinga (Passos & Oliveira, 2003; 2004) no Sudeste do Brasil, bem como na Caatinga nordestina (Leal, 2003; Leal et al., 2007). Por outro lado, existem poucos trabalhos sobre o processo de dispersão de sementes mediado por formigas na floresta Atlântica nordestina (mas veja Alves, 2005; Marques, 2006; Agra, 2006), apesar da fauna de vertebrados dispersores de sementes da região ser extremamente depauperada (Silva & Tabarelli, 2000), aumentando a importância das formigas como agentes dispersores.

III. Referências bibliográficas

- AGRA, D.B. 2006. **Interação entre formigas e diásporos de espécies da família Melastomataceae do Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife-PE.** Monografia de Graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 47 pp.
- ALMEIDA, R.T.; PIMENTEL, D.S. & SILVA, E.M.S.1995. The red handed howling monkeys in the state of Pernambuco, North-east Brazil. **Neotropical Primates** 3:174-175.
- ALVES, F.S. 2005. **Interações entre formigas e diásporos de espécies vegetais do Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife, PE.** Monografia de Graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 56 pp.
- BEATTIE, A.J. 1983. Distribution of ants-dispersed plants. **Naturwissenschaften** 7: 249-270.
- BEATTIE, A.J. 1985. **The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms.** Cambridge: Cambridge University Press.
- BOND, W. & SLINGSBY, P. 1983. Seed dispersal by ants in Cape shrublands and its evolutionary implications. **South African Journal of Science** 79: 231-233.
- BOND, W. & SLINGSBY, P. 1984. Collapse of ant-plant mutualism: the Argentine ant (*Iridomyrmex humilis*) and myrmecochorous Proteaceae. **Ecology** 65: 1031-1037.
- COIMBRA-FILHO, A.F. & CÂMARA, I.G. 1996. Os limites originais do bioma Mata Atlântica na Região Nordeste do Brasil, FBCN Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, Rio de Janeiro.
- CULVER, D. C. & A. J. BEATTIE. 1983. The nest chemistry of two seed dispersing ant species. **Oecologia** 56: 99-103.

- GALINDO-LEAL, C. & CÂMARA, I.G. 2003. **The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats and Outlook**. Washington, DC.: Island Press.
- GRIZ, M.S. & MACHADO, I.C. 1998. Aspectos morfológicos e síndrome de dispersão de frutos e sementes na reserva ecológica de Dois Irmãos, pp.197–224. In: Machado I.C.S., Lopes A.V., Pôrto K.C. (eds), **Reserva ecológica de Dois Irmãos-estudos em um remanescente de mata atlântica em área urbana** (Recife-Pernambuco-Brazil). Recife: Editora Universitária da UFPE.
- HANDEL, S.N. 1978. The competitive relationship of three woodland sedges and its bearing on the evolution of ant-dispersal of *Carex pedunculata*. **Evolution** 32: 151-163.
- HANDEL, S.N. & BEATTIE, A.J. 1990. Seed dispersal by ants. **Scientific American** 263: 76-83.
- HORVITZ, C.C. 1981. Analysis of how ant behavior affects germination in a tropical myrmecochore *Calathea microcephala* (P. & E.) Koernicke (Maranthaceae): microsite selection and aril removal by neotropical ants, *Odontomachus*, *Pachycondyla*, and *Solenopsis* (Formicidae). **Oecologia** 51: 47-52.
- HOWE, H.F. 1984. Implications of seed dispersal by animals for tropical reserve management. **Biology Conservation** 30: 261-281
- HOWE, H.F. & SMALLWOOD, J. 1982. Ecology of seed dispersal. **Annual Reviews of Ecology and Systematics** 13: 201-228.
- JANZEN, D.H. 1970. Herbivore and the number of tree species tropical forests. **American Naturalist** 104: 501-529.
- KASPARI, M. 1993. Removal of seeds from neotropical frugivore droppings: ants responses to seed number. **Oecologia** 95: 81-88.
- KASPARI, M. 1996. Worker size and seed size selection by harvester ants in a Neotropical forest. **Oecologia** 105:397-404
- LEAL, I.R. & OLIVEIRA, P.S. 1998. Interactions between fungus-growing ants (attini), fruits and seeds in Cerrado vegetation in southeast Brazil. **Biotropica** 30: 170-178.
- LEAL IR & OLIVEIRA PS. 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.
- LEAL, I.R. 2003. Dispersão de sementes por formigas na Caatinga. Pp 593-624 in Leal, I.R.; Tabarelli, M. & Silva, J.M.C. (eds.) **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE.

- LEAL, I.R.; WIRTH, R. & TABARELLI, M. 2007. Seed dispersal by ants in the semi-arid Caatinga of northeast Brazil. **Annals of Botany** no prelo.
- MARQUES, E.C. 2006. Dispersão de sementes de *Buchenavia capitata* EICH. (Combretaceae) por formigas no Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife, PE. Monografia de Graduação, Universidade Federal de Pernambuco, 58 pp.
- MMA. 2002. Biodiversidade brasileira: Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.
- MITTERMEIER, R.A.; FONSECA, G.A.B.; RYLANDS, A.B. & MITTERMEIER, C.G. 1997. Brazil. Pp 345 in Mittermeier, R.A.; Robles, P.; Gil, P. & Mittermeier, C.G. (eds.) Megadiversity: Earth's Biologically Wealthiest Nations. Monterrey: CEMEX.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403: 853-858.
- O'DOWD, D.J. & HAY, M. E. 1980. Mutualism between harvester ants and a desert ephemeral: seeds escape from rodents. **Ecology** 61: 531-540.
- OLIVEIRA, P.S., GALETTI, M., PEDRONI, F. & MORELLATO, L.P.C. 1995. Seed cleaning by *Mycocepurus goeldii* ants (Attini) facilitates germination in *Hymenaea courbaril* (Caesalpiniaceae). **Biotropica** 27: 518-522.
- PASSOS, L. & FERREIRA, S.O. 1996. Ant dispersal of *Croton priscus* (Euphorbiaceae) seeds in a tropical semideciduous forest in Southeastern Brazil. **Biotropica** 28: 697-700.
- PASSOS, L. & OLIVEIRA, P. S. 2002. Ant affects 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 in 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.
- PIZO, M.A. & OLIVEIRA, P.S. 1998. Interaction between ants and seeds of a nonmyrmecochorous neotropical tree, *Cabralea canjerana* (Meliaceae), in the Atlantic forest of Southeast Brazil. **American Journal of Botany** 85: 669-674.
- 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 litterforaging ants in the Atlantic rain forest of Brazil. **Plant Ecology** 157: 37–52.
- PÔRTO, K.; ALMEIDA-CORTEZ, J. & TABARELLI, M. 2006. **Diversidade biológica e conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- PRANCE, G.T. 1982. Forest refuges: evidences from woody angiosperms. Pp. 137-158 in: Prance, G.T. (ed) **Biological diversification in the tropics**. New York: Columbia University Press.
- RANTA, P.; BLOM, T.; NIEMELÄ, J.; JOENSU, E. & SIITONEN, M. 1998. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity and conservation** 7: 385-405.
- RAVEN, P. H. 2001. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan.
- RISSING, S.W. 1986. Indirect effects of granivory by harvester ants: plant species composition and reproductive increase near ant nest. **Oecologia** 68: 231-234.
- ROBERTS, J.T. & HEITHAUS, E.R. 1986. Ants rearrange the vertebrate-generated seed shadow of a neotropical fig tree. **Ecology** 67: 1046-1051.
- SÁ-NETO, R.J. 2003. **Comunidades de morcegos (Mammalian: Chiroptera) em fragmentos de floresta Atlântica, Usina Serra Grande, Alagoas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco. 148 pp.
- SILVA, J.M.C. & TABARELLI, M. 2000. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. **Nature** 404: 72-74
- SILVA, P.S.D. 2004. Dispersão de sementes de *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March (Burseraceae) por *Atta sexdens* Linneus (Attini: Formicidae) em um fragmento de floresta Atlântica no Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco. 46 pp.
- SILVA, P.S.D.; LEAL, I.R.; WIRTH, R. & TABARELLI, M. 2007. Negative impact of leaf-cutting ants (*Atta sexdens*) on tree recruitment of *Protium heptaphyllum* (Burseraceae) through seed aggregation and seedling cutting. **Revista Brasileira de Botânica** no prelo.
- TABARELLI, M. 1998. Dois Irmãos: O desafio da conservação biológica em um fragmento de floresta tropical. Pp 311-324 in: MACHADO, I.C.; LOPES, A.V. & PÔRTO, K.C. (eds.) **Reserva Ecológica de Dois Irmãos: estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana (Recife – Pernambuco - Brasil)**. Recife: Editora Universitária da UFPE.

- TERBORGH, J., PITMAN, N., SILMAN, M. SCHICHTER, H. & NÚÑEZ P. 2002. **Maintenance of tree diversity in tropical forest. In. Seed dispersal and frugivory ecology evolution and conservation**, eds. D. J. Levey, W. R. Silva & M. Galetti, pp 1-17. CABI Publishing, Oxon.
- URBAS, P.; ARAÚJO-JÚNIOR, M.V.; LEAL, I.R. & WIRTH, R. 2007. Cutting more from cut forests - edge effects on foraging and herbivory of leaf-cutting ants. **Biotropica** no prelo.
- VAN DER PIJL, L. 1982. **Principles of dispersal in higher plants**. Springer-Verlag, Berlim.
- WILSON, M.F. & TRAVESSET, A. 2000. The ecology of seed dispersal. Pp 31-37 in Fenner, M. (ed.) **Seeds: The ecology of regeneration in plant communities**. Oxon: CABI Publishing.

IV. Manuscrito a ser enviado ao periódico *Biotropica*

LRH: Costa and Leal

RRH: Interações entre formigas e diásporos em floresta Atlântica nordestina

Dispersão de sementes por formigas em remanescentes de Floresta Atlântica Nordestina

Ursula Andres Silveira da Costa¹ & Inara R. Leal^{2*}

¹Programa de Pós-Graduação da Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco. Av. Prof. Moraes Rego s/n, Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, PE.

²Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco. Av. Prof. Moraes Rego s/n, Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife, PE.

*Autor para correspondência: irleal@ufpe.br

Resumo

O objetivo geral desse trabalho foi descrever a dispersão de sementes por formigas em remanescentes de floresta Atlântica nordestina, e testou algumas hipóteses a respeito das vantagens obtidas pelas plantas através da dispersão por formigas. O trabalho foi realizado em dois fragmentos florestais (30 e 3.500 ha) da Usina Serra Grande, AL, entre agosto de 2005 e agosto de 2006. Foram registradas 393 interações, envolvendo 81 espécies de formigas e diásporos de 69 espécies de plantas. Formigas da subfamília Myrmicinae (79,6%) foram as mais frequentemente atraídas para os diásporos. Entre as plantas, Melastomataceae (18%), Sapindaceae e Moraceae (10,6%) e Malpighiaceae (7,8%) foram as famílias com, as quais, as formigas mais interagiram. Experimentos de remoção com espécies selecionadas indicaram que as formigas utilizam as estruturas atrativas dos diásporos, deixando o endosperma das sementes quase sempre intacto. *Passiflora rubra* teve 100% dos diásporos oferecidos removidos, enquanto *Xylopia ochrantha*, *Cupania oblongifolia*, *Maytenus distichophylla*, *Viola gardneri* e *Swartzia macrostachya* tiveram taxas de remoção de 89, 61, 15 14 e 0% respectivamente. A distância de remoção variava de 7 a 350 cm e o local de deposição das sementes mais freqüente foi o folhíço. Os testes de germinação mostraram que a remoção da polpa dos frutos de *P. rubra*, bem como do arilo de *V. gardneri* e *C. oblongifolia* aumentaram as taxas de germinação. No entanto, a remoção do arilo não apresentou aumentos nas taxas de germinação de *M. distichophylla* e *S. macrostachya* que germinaram com a estrutura atrativa. *C. oblongifolia*, *P. rubra* e *M. distichophylla* apresentaram maiores taxas de germinação em solos dos formigueiros que solos de floresta. Para *V. gardneri* não houve diferenças nas taxas de germinação entre os dois tipos de solo (solo de formigueiro e solo de floresta), e para *S. macrostachya* as maiores taxas de germinação foram obtidas em solo de floresta. O crescimento das plântulas de *M. distichophylla*, *P. rubra* e *C. oblongifolia* não diferiu entre os solos dos formigueiros e controle, enquanto *S. macrostachya* cresceram mais nos solos controle. Diferenças significativas entre os solos dos formigueiros e os solos controle foram detectadas apenas para carbono, ferro e matéria orgânica total, sendo os maiores valores encontrados nos solos de *Ectatomma edentatum*. A penetrabilidade do solo foi maior nos solos dos formigueiros que nos solos controle. Os resultados indicam que a interação entre formigas e diásporos é bastante comum. A atividade das formigas junto aos diásporos pode trazer vantagens em termos de remoção do diásporo para fora da copa da planta-mãe e aumento da germinação de sementes, ressaltando a importância desses invertebrados para a biologia de frutos e sementes, especialmente em um ambiente altamente fragmentado e defaunado como a floresta Atlântica nordestina.

Palavras-chave: dispersão direcionada; dispersão secundária; diásporos não-mirmecocóricos; experimentos de remoção; mirmecocoria; testes de germinação

Abstract

The objective of this work was to describe the seed dispersion process mediated by ants in remnants of the Northeastern Atlantic Forest. The work was performed in two forest fragments (30 and 3500 ha) at the Usina Serra Grande, AL, from August 2005 to August 2006. There were registered 393 interactions involving 81 ant species and diaspores of 69 plant species. Ants of the Myrmicinae subfamily were the most attracted by the diaspores (79.6%). Amongst the plants, the families which whom the ants mainly interacted were: Melastomataceae (18%), Sapindaceae and Moraceae (10.6%) and Malphighiaceae (7.8%). Removal experiments with selected species indicated that ants use diaspore attractive structures and leave the endosperm of seeds always intact. *Passiflora rubra* had 100% of their offered diaspores removed, while *Xylopia ochrantha*, *Cupania oblongifolia*, *Maytenus distichophylla*, *Virola gardneri* and *Swartzia macrostachya* had removal rates of 89, 61, 15, 14, and 0%, respectively. Removal distances varied from 7 to 350 cm and the seeds were deposited more frequently on the litter, although some seeds have reached ant nests. The germination tests showed that the fruit pulp removal of *P. rubra* as well as the aril removal of *V. gardneri* and *C. oblongifolia* increased the germination rate. But the removal of the aril did not present any increase in the germination rate of *M. distichophylla*. *S. macrostachya* did preferentially germinate with an attractive structure. As for the soil type *C. oblongifolia*, *P. rubra* and *M. distichophylla* presented higher germination rates in soils from ant nests. For *V. gardneri* no differences in the germination rates were observed and for *S. macrostachya* the highest germination rates were obtained in control soils. As for the seedlings growth, *M. distichophylla*, *P. rubra* and *C. oblongifolia* did not present differences between the soils from ant nests and control soils, while *S. macrostachya* grew more in the control soils. Significant differences between the soils from ant nests and control soils were detected only for carbon, iron and total organic material, where the highest values were found for *Ectatomma edentatum* nest soils. The soil penetrability was higher for soils from ant nests than for control soils. These results indicate that the interaction between diaspores and ants is fairly common. The ant activity removing diaspores outside the crown of the mother plant and increasing germination rate emphasize the importance of these invertebrates for the biology of fruits and seeds, especially in a highly fragmented environment where seed dispersers are locally extinct as in the Northeastern Atlantic Forest.

Key – words: directed dispersion, germination tests, myrmecochory, non-myrmecochorous plants, removal experiment, secondary dispersion.

Introdução

A floresta Atlântica é considerada um dos ecossistemas de maior biodiversidade, apresentando altas taxas de endemismo e de riqueza de espécies, mas também um alto nível de destruição de ambientes naturais, sendo por isso classificada como um dos *hotspot* mundiais Myers *et al.* (2000). No entanto, esse patrimônio biológico tem sido altamente destruído, com severas perdas tanto dos estratos arbóreos como da vida silvestre (Silva and Tabarelli 2000; Tabarelli *et al.* 2004). Esse cenário de degradação atual da floresta Atlântica pode comprometer não só o recrutamento e a manutenção de populações vegetais, como a chegada de diásporos em locais de regeneração, os quais são de importância fundamental para a manutenção dos processos ecológicos, como polinização e dispersão de sementes, além da estruturação e dinâmica da comunidade biológica (Peres 2000; Silva and Tabarelli 2000; Tabarelli *et al.* 2004).

Segundo a literatura, entre 60 a 90% das espécies arbóreas tropicais são dispersas por vertebrados frugívoros (Silva and Tabarelli 2000). No entanto, a perda e fragmentação de habitats naturais resultam na perda de biodiversidade, causando modificações nas populações, comunidades e ecossistemas, e alterando as interações ecológicas, como, por exemplo, a substituição de agentes dispersores (Janzen 1974, Silva and Tabarelli 2000). No caso da floresta Atlântica nordestina, o alto grau de fragmentação tem reduzido as populações de dispersores de grande porte, levando até mesmo a extinção de algumas espécies, como o mutum do nordeste (Silva and Tabarelli 2000; Sá-Neto 2003; Santos 2005). Esse processo faz com que muitos diásporos caiam no chão da floresta, sendo vulneráveis a predação, infestação de patógenos e aglomeração das plântulas sob a copa da planta-mãe, o que dificulta o recrutamento de novos indivíduos nestas populações (Howe and Smallwood 1982). Contudo, uma parcela significativa desses frutos pode ser limpa e/ou removida por agentes secundários oportunistas como as formigas, aumentando as chances de recrutamento da população (Pizo and Oliveira 2000; Passos and Oliveira 2003). Em síntese, quando um dispersor primário é eliminado, dispersores secundários podem passar a ser responsáveis pela remoção de grande parte dos diásporos nesses ambientes perturbados, tornando-se mais importantes para a biologia de frutos e sementes, como é o caso das formigas.

Embora as formigas usualmente transportem as sementes por curtas distâncias quando comparadas com mamíferos e aves (Bond and Slingsby 1984), vários estudos têm enfatizado o papel das formigas na redistribuição dos diásporos deixados pelos dispersores primários (Leal and Oliveira 1998, Leal 2003; Pizo and Oliveira 1998; 2000; Passos and Oliveira 2002; 2003). Esse processo pode trazer uma série de benefícios às plantas, como: (1) a diminuição da competição e predação das sementes (Handel 1978; O'Dowd and Hay 1980), (2) a diminuição do ataque fúngico devido à remoção da polpa dos frutos, facilitando a germinação das sementes dispersas

primariamente por vertebrados (Handel 1978; O'Dowd and Hay 1980; Leal and Oliveira 1998), (3) escape ao fogo (Bond and Slingsby 1983), e (4) o transporte das sementes para solos próximos aos formigueiros, enriquecidos em nutrientes e favoráveis à germinação (Culver and Beattie 1983, Oliveira *et al.* 1995; Handel and Beattie 1990; Passos and Oliveira 2003; 2004).

O papel das formigas como dispersores secundários de sementes é bem documentado para diversas espécies vegetais em diferentes ecossistemas brasileiros, como nas florestas Atlântica (Pizo and Oliveira 1998; 2000) e semidecídua (Oliveira *et al.* 1995), no Cerrado (Leal and Oliveira 1998; 2000) e nas restingas no Sudeste do Brasil (Passos and Oliveira 2003, 2004), bem como na Caatinga (Leal 2003; Leal *et al.* 2007). Por outro lado, em fragmentos de floresta Atlântica nordestina, os trabalhos sobre dispersão de sementes mediada por formigas ainda são bastante preliminares (*e.g.* Alves 2005; Agra 2006; Marques 2006). Esses estudos são de extrema importância, visto que foi estimado que 34% da flora lenhosa terá seus dispersores primários extintos localmente e sofrerá problemas no recrutamento de novos indivíduos (Tabarelli *et al.* 2004). Sendo assim, estudos que identifiquem espécies de formigas e seus serviços de dispersão às espécies vegetais cujos vetores primários estão ausentes são de extrema importância.

Os objetivos desse trabalho foram descrever os seguintes aspectos relacionados à dispersão de sementes por formigas na floresta Atlântica nordestina: (1) identificar as espécies de plantas e formigas envolvidas nesse tipo de interação planta-dispersor, (2) descrever o comportamento das formigas junto aos diásporos, e (3) identificar a distância de dispersão de sementes por formigas e o local de deposição das sementes. Adicionalmente, as seguintes hipóteses foram testadas: (i) as sementes com elaiossomo, arilo ou polpa carnosa são mais removidas pelas formigas que sementes sem essas estruturas; (ii) as sementes em que o elaiossomo, arilo ou a polpa carnosa foram removidos pelas formigas apresentam maiores taxas de germinação que sementes com essas estruturas; e (iii) os ninhos de formigas são sítios mais favoráveis para germinação das sementes e crescimento das plântulas do que locais aleatórios na floresta Atlântica nordestina.

Material e Métodos

Área de estudo. – O estudo foi realizado em áreas de floresta Atlântica pertencentes à Usina Serra Grande (8°30'S, 35°50'N), localizada nos municípios de Ibateguara e São José da Laje, ao Norte do Estado de Alagoas. O trabalho foi realizado em dois fragmentos: Coimbra e Aquidabã. O fragmento Coimbra (com cerca de 3.500 há), sendo considerado o maior remanescente de floresta Atlântica do Centro de Endemismo Pernambuco (Oliveira *et al.* 2004), *i.e.*, de toda a floresta que ocorre ao norte do rio São Francisco (Prance 1982). O fragmento Aquidabã, (com cerca de 30 há) é considerado um dos fragmentos da região com maior riqueza de espécies arbóreas (Oliveira *et al.* 2004; Fig. 1).

A área de estudo é composta por solos dos tipos podzólicos e está sobre terreno montanhoso (ca. 500 m de altitude) (IBGE 1985). O clima da região é quente e úmido, com temperatura média anual em torno de 22-24°C. A precipitação média anual é em torno de 2.000 mm, com uma estação seca (< 60 mm/mês) ocorrendo entre dezembro e fevereiro e uma chuvosa, entre abril e agosto (Melo 2004). A vegetação é classificada como Floresta Ombrófila Aberta Baixo-Montana (Veloso *et al.* 1991).

Interações entre formigas e diásporos. – Foram realizados censos mensais de agosto de 2005 a agosto de 2006 em diferentes trilhas dos dois fragmentos estudados, totalizando cerca de 7 km. Todas as plantas em período de frutificação foram checadas para detectar a presença de formigas utilizando seus diásporos. Em cada interação verificada foram registradas as espécies envolvidas, o comportamento das formigas junto aos diásporos (limpeza e/ou remoção dos diásporos) e as partes atrativas dos diásporos (polpa de fruto, arilo ou elaiossomo). As formigas e os diásporos foram coletados, armazenados em frascos com álcool 70% e levados para o laboratório. As espécies de formigas foram identificadas com as chaves para gêneros de Bolton (1994) e estão depositadas na coleção do laboratório de Ecologia Vegetal do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pernambuco. As plantas foram identificadas através das chaves de identificação botânica e coleções digitais disponíveis no site www.cepan.org.br. Os diásporos utilizados pelas formigas foram classificados e identificados conforme seu tipo e tamanho através de consulta a especialistas e através de Barroso *et al.* 1999; van der Pijl 1982; Roosmalen 1985; Lorenzi 1982 e 1998. As plantas e os diásporos estão depositados no Herbário UFP do Departamento de Botânica da UFPE.

Experimentos de remoção de diásporos. –Para verificar se as formigas utilizam apenas as estruturas atrativas dos diásporos e não o endosperma das sementes, foram montadas 30 estações de observação em trilhas aleatórias dentro dos fragmentos, espaçadas por 10 m para possibilitar descobertas independentes por parte das formigas (cf. Leal and Oliveira 1998). Em cada estação, foram oferecidas duas sementes da mesma espécie: uma semente com estrutura atrativa (arilo, elaiossomo ou polpa) e outra em que a estrutura atrativa foi removida. As seguintes espécies foram utilizadas: *Xylopia ochrantha* Mart (Annonaceae) que apresenta elaiossomo, *Cupania oblongifolia* Mart (Sapindaceae) que apresenta arilo, *Maytenus distichophylla* Mart. ex Reissek (Celastraceae) também com arilo, e *Passiflora rubra* L. (Passifloraceae) que apresenta semente coberta inteiramente por uma polpa carnosa. Foram usadas 60 sementes de cada espécie, totalizando 240 sementes. As estações de observação foram montadas às 7:00 h e checadas por cinco minutos a

cada três horas, durante o período de 24 horas. As observações foram realizadas separadamente e em dias diferentes para cada espécie.

Posteriormente, um segundo experimento de remoção dos diásporos foi conduzido para conhecer (1) as espécies de formigas atraídas para os diásporos, (2) as taxas e distâncias de remoção das sementes, e (3) o local de deposição. Para tanto, foram disponibilizadas sementes intactas das mesmas espécies do experimento anterior: *X. ochrantha*, *C. oblongifolia*, *M. distichophylla* e *P. rubra* (N = 100 sementes por espécie, totalizando 400 sementes). Adicionalmente diásporos das espécies *Virola gardneri* (A. DC.) Warb (Malpighiaceae) e *Swartzia macrostachya* Benth. (Papilionaceae) também foram utilizados nesse experimento. Foram montadas 10 estações de observação, espaçadas por 10m para possibilitar descobertas independentes por parte das formigas (cf. Leal and Oliveira 1998), com 10 diásporos intactos das quatro espécies de plantas, e cinco sementes no caso de *Virola gardneri* e *Swartzia macrostachya*, devido a menor disponibilidade de diásporos destas duas espécies na área de estudo. As estações de observação foram montadas às 07:00h e checadas por cinco minutos a cada duas horas, durante um período de 24 horas. As observações foram realizadas separadamente para cada espécie. Para verificar se o tamanho dos diásporos influencia sua remoção, todas as espécies utilizadas nesse segundo experimento tiveram seu maior diâmetro medido. Foram medidos 30 diásporos por espécie.

Testes de germinação de sementes. – Para testar a hipótese de que diásporos manipulados pelas formigas apresentam maiores taxas de germinação que diásporos não manipulados (diásporos intactos), experimentos de germinação foram conduzidos na Casa de Vegetação do Departamento de Botânica da UFPE. Para tanto, diásporos intactos e sementes cuja estrutura atrativa foi removida por nós (simulação do papel das formigas) foram colocados para germinar em bandejas plásticas de 35cm x 27cm com solo dos formigueiros. Foram utilizadas as seguintes espécies: *X. ochrantha* (80 sementes intactas e 80 com elaiossomo removido), *C. oblongifolia* (40 sementes intactas e 40 com arilo removido), *M. distichophylla* (32 sementes intactas e 32 com arilo removido), *S. macrostachya* (32 sementes intactas e 32 com arilo removido), *V. gardneri* (36 sementes intactas e 36 com arilo removido) e *P. rubra* (30 sementes intactas e 30 com a polpa removida). As sementes foram mantidas em temperatura ambiente (aproximadamente 27°C) e molhadas a cada dois dias por quatro meses. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram protrusão da radícula.

Para testar se os solos de formigueiros são sítios favoráveis para a germinação e crescimento das plântulas, sementes cuja estrutura atrativa foi removida por nós (simulação do papel das formigas) foram colocadas para germinar em bandejas plásticas de 35cm x 27cm na Casa de Vegetação da Universidade Federal de Pernambuco. Foram utilizados solos de formigueiros (uma

mistura de solo de *Solenopsis* sp., *Atta sexdens* e *Ectatomma edentatum*) e solos de pontos aleatórios da mata sem formigueiros. As sementes foram mantidas em temperatura ambiente (aproximadamente 27°C) e molhadas a cada dois dias por quatro meses. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram protrusão da radícula. Para as plântulas desenvolvidas nesse experimento, foi medido o comprimento e o peso seco da raiz, do caule e total.

Análise química e penetrabilidade dos solos dos formigueiros e controle. —Amostras de solo de cinco formigueiros de cada uma das espécies estudadas (*Solenopsis* sp. 2, *Atta sexdens* e *Ectatomma edentatum*), bem como de cinco pontos escolhidos aleatoriamente sobre o ninho, porém sem formigueiros, ou seja, em solo de floresta (solo controle), do Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife – Pe, foram coletadas em março de 2006. As amostras foram colhidas entre 0 e 10 cm de profundidade, pois este é o meio até onde a maior parte das raízes das plântulas penetram. No laboratório esse material foi homogeneizado e foram determinadas as quantidades de diferentes elementos químicos contidos no mesmo, assim como o pH e matéria orgânica total. Disponibilidade de N, apesar de extremamente importante, não foi analisada devido à dificuldade em se obter mensurações confiáveis (S. Araújo, comunicação pessoal). Como florestas tropicais de terras baixas são relativamente ricas em relação a este nutriente (Sollins 1998), é provável que este não seja o fator limitante em nenhum dos tratamentos.

As análises químicas do solo foram realizadas pelo Laboratório de Análise Agrícola Ltda (LAGRI, Recife). As metodologias utilizadas estão dentre as recomendadas pela EMBRAPA (1997) e pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo como as mais recomendáveis para as condições edafo-climáticas da região (S. Araújo, comunicação pessoal). K, Na, Zn, Cu, Fe, Mn, Ca e Mg disponíveis foram determinados pelo método espectrofotométrico de absorção atômica segundo Orlando Filho (1973). P e C disponíveis foram determinados pelo método colorimétrico segundo Vettori (1969) e Quaggio and Raij (1997), respectivamente. H e Al trocáveis foram determinados pelo método volumétrico (EMBRAPA 1997). O pH do solo foi determinado pelo método potenciométrico segundo Vettori (1969). Finalmente, a matéria orgânica (MO) foi obtida segundo a fórmula $MO=1,724 C$.

Os elementos nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cloro, ferro, magnésio, zinco, cobre, molibdênio e níquel promovem o crescimento das plantas, mas não são absolutamente necessários para que elas completem o ciclo de vida da planta. Esses elementos são classificados em micronutrientes e macronutrientes, e embora arbitrária esta divisão não forneça um quanto um nutriente é mais importante do que o outro, mas apenas necessário em quantidade e concentrações moderadas e diferentes necessários para que as plantas os obtenham.

Também foi obtida medida a penetrabilidade dos solos dos formigueiros e dos solos controle (solos retirados de cerca de 2 m de onde foram coletados os solos dos formigueiros). Para obter essas medidas, foi utilizada uma haste de ferro de 3mm de diâmetro e 1.5m de comprimento, a qual era solta a cerca de 1.5 m de altura (cf. Passos and Oliveira 2004). Esse procedimento foi repetido cinco vezes em cada ninho e em seu controle (solo de floresta). No total foram utilizados 34 ninhos das espécies *Atta cephalotes*, *A. sexdens*, *Ectatomma edentatum*, *Pachycondyla apicalis*, *Pheidole* spp., *Solenopsis* spp. e *Trachymyrmex* sp.

Análise estatística. –Regressões lineares foram usadas para analisar se: (1) o número de sementes limpas, (2) o número de sementes removidas ou (3) a distância de remoção variam em função do tamanho das sementes. Diferenças de proporções (1) remoção de diásporos com e sem estrutura atrativa, (2) germinação de sementes com e sem estrutura atrativa e (3) germinação de sementes em solo de formigueiro e em solo controle as diferenças foram testadas através de testes G. Para comparar crescimento das plântulas nos solos dos formigueiros e controle foram usados teste *t* ou Mann-Whitney, dependendo da normalidade dos dados. Por fim, as propriedades químicas dos solos dos formigueiros e controle foram comparadas com ANOVA de um fator ou Kruskal-Wallis, dependendo da normalidade dos dados. Para todas as variáveis analisadas a normalidade foi testada através do teste Shapiro-Wilk. Os procedimentos estatísticos seguem Zar (1999) e todas as análises foram realizadas através do programa Bioestat 3.0 (Ayres *et al.* 2003).

Resultados

Interação entre formigas e diásporos. –Foram registradas 394 interações, que envolveram 81 espécies de formigas e diásporos de 69 espécies de plantas (Tabela 1). Foram registradas 37 famílias de plantas, das quais destacaram-se Melastomataceae com 71 registros (18%), Sapindaceae e Moraceae ambas com 42 (10,6%) registros, Malpighiaceae com 31 (7,8%) registros, Clusiaceae com 28 (7,1%) registros e Passifloraceae com 25 (6,3%) registros (ver Tabela 1). A maioria dos frutos e sementes utilizados pelas formigas são primariamente dispersos por vertebrados de pequeno e médio porte, na sua maioria aves e morcegos. A estrutura mais comumente utilizada pelas formigas foi a polpa dos frutos com 237 registros (60,3% do total de registros), seguida de arilo com 140 (35,6%) registros e elaiossomos com 11 (2,7%) registros (Tabela 1).

As formigas foram distribuídas em cinco subfamílias: Myrmicinae com 313 registros (80%), Ponerinae com 45 (11%) registros, Formicinae com 23 (6%) registros, Dolichoderinae com

10 (2,5 %) registros e Ecitoninae com 2 (0,5%) registros (Tabela 2). Entre os gêneros, *Pheidole* foi o mais comum nas interações com diásporos com 148 registros (37,6%), seguida de *Solenopsis* com 29 registros (7,3%), *Pachycondyla* com 25 registros (6,3%), *Atta cephalotes* com 24 registros (6,1%) e *Crematogaster* com 21 registros (5,3%). Durante o censo, 4,3% das interações apresentavam as formigas agindo como dispersores primários, tendo apenas únicas espécies de formigas observadas removendo os diásporos diretamente da planta-parental foram *Ectatomma tuberculatum* em *P. rubra*, *Pheidole* spp. em *Xylopia ochrantha* e *Ectatomma edentatum* em *Siparuna guianensis*. Todas as demais interações (95,7%) foram observadas no chão da floresta.

O comportamento de manipulação das sementes pelas formigas variou com o tamanho dos diásporos. As formigas removeram com maior freqüentemente diásporos pequenos (5-10mm de comprimento), enquanto diásporos com tamanhos intermediários (10-40 mm de comprimento) e grandes (> 40 mm) foram mais freqüentemente limpos, apesar de alguns diásporos grandes (e.g., *Xylopia ochrantha*) terem sido também removidos. Quanto ao o tipo de fruto, uma grande variedade foi utilizada pelas formigas, incluindo bagas com 201 registros (51,1% do total de registros), drupas com 92 registros (23,4%), cápsulas com 62 registros (15,7%) e legumes com 23 registros (5,8%) (Tabela 1). As formigas apresentaram dois tipos de comportamento: (1) limpeza das sementes (94,2% dos registros) e (2) remoção dos diásporos (48,9% dos registros) (Tabela 1).

Experimentos de remoção dos diásporos. – Os experimentos de remoção de diásporos intactos e com estrutura atrativa removida mostraram que as formigas têm preferências por polpa, arilo e elaiossomo em relação ao endosperma das sementes. Para todas as espécies testadas foram observadas maiores taxas de remoção dos diásporos intactos que dos diásporos em que a estrutura atrativa foi removida (*X. ochrantha*: $\chi^2 = 25,45$; gl = 1; $p < 0,0001$; *M. distichophylla*: $\chi^2 = 11,38$; gl = 1; $p < 0,0007$; *C. oblongifolia*: $\chi^2 = 32,30$; gl = 1; $p < 0,001$ e *P. rubra*: $\chi^2 = 3,05$; gl = 1; $p < 0,0806$; Fig. 2).

No segundo experimento de remoção, onde foram disponibilizadas 100 sementes com estrutura atrativa, todos os diásporos da *P. rubra* foram removidos, enquanto *X. ochrantha* teve 89% dos seus diásporos removidos, *C. oblongifolia* teve 61%, *M. distichophylla* teve 15%, *V. gardneri* teve 14% e para *S. macrostachya* nenhum de seus diásporos removidos (Tabela 3). Essa remoção foi realizada por 45 espécies de formigas (Tabela 3). O número de espécies de formigas atraídas para os diásporos de *V. gardneri* (22 espécies) foi superior que para as outras espécies, *S. macrostachya* (17), *X. ochrantha* (14), *C. oblongifolia* (13), *M. distichophylla* (10) e sete espécies em *P. rubra* (Tabela 3). A subfamília Myrmicinae foi a mais representativa, com 24 espécies e nove espécies do gênero *Pheidole*. Na subfamília Ponerinae 12 espécies foram atraídas, destacando-se

Odontomachus sp.1 e *Pachycondyla obscuricornis*. As outras subfamílias foram menos representativas, sendo que Formicinae teve quatro espécies atraídas, Dolichoderinae teve três espécies e Pseudomyrmecinae foi representada por apenas uma espécie (Tabela 2). As formigas removeram mais frequentemente diásporos pequenos, como os de *P. rubra* com 5 mm de comprimento. Os diásporos de *C. oblongifolia*, *V. gardneri* e *S. macrostachya*, com comprimentos maiores (19, 23 e 29 mm, respectivamente), foram mais frequentemente limpos e deixados no mesmo local (Tabela 3).

As espécies de formigas apresentaram comportamentos diferentes em relação às espécies vegetais. Formigas de pequeno porte como *Crematogaster*, *Pheidole* e *Trachymyrmex* recrutavam outras companheiras do ninho para limpar e/ou remover e os diásporos, enquanto formigas grandes como espécies do gênero *Atta*, *Ectatomma*, *Pachycondyla* e *Odontomachus* removeram as sementes individualmente. As espécies de *Solenopsis*, apesar de recrutarem outros indivíduos do ninho, não removeram as sementes, mais apenas utilizavam a estrutura atrativa e deixavam a semente no mesmo local. O local de deposição foi predominantemente o folhíço. Porém, no caso de *X. ochrantha* e *P. rubra*, algumas sementes foram observadas sendo carregadas para os ninhos das formigas (Tabela 3).

As distâncias de remoção variaram de 7 a 350 cm, mas maioria das sementes foi removida por apenas de um metro (Fig. 3). Mais especificamente, em *P. rubra* a distância de remoção variou de 47 a 158 cm, em *X. ochrantha* de 29 a 119 cm, em *C. oblongifolia* de 7 a 14 cm, em *M. distichophylla* de 14 a 350 cm e em *V. gardneri* de 5 a 10 cm. Diásporos maiores apresentaram maiores taxas de limpeza ($F = 12,92$; $p = 0,02$; Fig. 4A), enquanto diásporos menores apresentaram maiores taxas de remoção ($F = 19,52$; $p = 0,01$; Fig. 4B). No entanto, a distância de remoção não foi influenciada pelo tamanho do diásporo ($F = 3,72$; $p = 0,125$; Fig. 4C).

Testes de germinação de sementes. – Sementes sem a estrutura atrativa germinaram em taxas significativamente maiores que sementes com a estrutura atrativa para as seguintes espécies: *C. oblongifolia* ($\chi^2 = 55,54$; $gl = 1$; $p < 0,0001$), *P. rubra* ($\chi^2 = 50,39$; $gl = 1$; $p < 0,0001$) e para *V. gardneri* ($\chi^2 = 4,76$; $gl = 1$; $p < 0,0290$). Para *M. distichophylla*, não houve diferença na germinação de sementes com e sem a estrutura atrativa ($\chi^2 = 2,44$; $gl = 1$; $p < 0,1182$). Enquanto *S. macrostachya* apresentou maiores taxas de germinação com a estrutura atrativa ($\chi^2 = 5,12$; $gl = 1$, $p < 0,0340$). Os diásporos de *X. ochrantha* nenhum não germinaram (Fig. 5).

Quanto às taxas de germinação de sementes em solos retirados dos formigueiros e solos controle, maiores valores nos solos dos formigueiros foram obtidos para as seguintes espécies: *C. oblongifolia* ($\chi^2 = 33,629$; $gl = 1$; $p < 0,0001$), *P. rubra* ($\chi^2 = 24,754$; $gl = 1$; $p < 0,0001$), *M.*

distichophylla ($\chi^2 = 5,87$; gl = 1; $p < 0,0378$). Para *V. gardneri* não houve diferença significativa a taxa de germinação de sementes em solos dos formigueiros e solos controle ($\chi^2 = 0,00$; gl = 1; $p < 0,7160$). Para *S. macrostachya* houve maior taxa de germinação no solo controle que no formigueiro ($\chi^2 = 50,871$; gl = 1; $p < 0,0001$). Neste experimento, não houve germinação das sementes de *X. ochrantha* (Fig. 6).

Quanto ao crescimento das plântulas germinadas nos solos dos formigueiros e controle. Não houve diferenças significativas para nenhum das variáveis de tamanhos das plântulas analisados (*i.e.*, comprimento do caule, comprimento da raiz, comprimento total da plântula, peso seco do caule, peso seco da raiz e peso seco total da plântula) em *M. distichophylla*, *P. rubra* e *C. oblongifolia* (Tabela 4). Por outro lado, para *S. macrostachya* houve maiores valores para as variáveis as mesmas de crescimento nos solos controle (Tabela 4).

Análise química e penetrabilidade dos solos – As análises químicas dos solos mostraram diferenças na quantidade de carbono, ferro e matéria orgânica entre os solos dos formigueiros e os do controle, com maiores valores nos ninhos de *Ectatomma edentatum*. Para os demais nutrientes não foram encontradas diferenças significativas entre os dois tipos de solo (Tabela 5). Por fim, a penetrabilidade dos solos dos formigueiros ($N = 34$; $3,42 \pm 2,19$ / cm) foi significativamente maior ($t = 4,91$; gl = 32; $p < 0,0001$) que a dos solos controle ($N = 34$; $1,53 \pm 0,49$ / cm).

Discussão

Este é o primeiro trabalho de longo prazo sobre a dispersão de sementes mediada por formigas na floresta Atlântica nordestina (ver os trabalhos preliminares de Alves 2005, Agra 2006 e Marques 2006). Os resultados indicam que as formigas são importantes agentes dispersores de espécies não-mirmecocóricas, assim como já havia sido registrado para outros ecossistemas brasileiros (*e.g.*, Leal and Oliveira 1998; Pizo and Oliveira 2000; Passos and Oliveira 2003). A limpeza e o transporte da semente pelas formigas, por mais que por pequenas distâncias, proporciona a colonização de novos habitats (Howe and Smallwood 1982), diminui a predação e a competição intra-específica de sementes e plântulas embaixo da planta-mãe (Westoby *et al.* 1991), diminui a competição nas fezes dos dispersores primários (Byrne and Levey 1993), modifica a chuva de sementes gerada pelos dispersores primários (Kaspari 1993).

Ao longo de um ano foram observadas 393 interações entre formigas e diásporos, corroborando a idéia de que esse tipo de interação é comum em remanescentes de floresta Atlântica defaunados como são os remanescentes aqui estudados (Pizo and Oliveira 2000; Passos and

Oliveira 2003). Um padrão que confirma esta predição é que a maioria das plantas cujos diásporos foram utilizados pelas formigas não é mirmecocórica, como observado em melastomataceas, anacardiáceas, mimosáceas, sapindáceas, solanáceas, entre outras. Apenas *Mabea occidentalis* e *Senefeldera verticillata* (Euphorbiaceae) e *Xylopia frutescens* e *X. ochrantha* (Annonaceae) possuem elaiossomo em suas sementes e, portanto, são classificadas como mirmecócoras verdadeiras (cf. van der Pijl 1982). Todas as demais espécies (66) são dispersas primariamente por aves e mamíferos (Tabarelli 1998, Silva and Tabarelli 2000), sendo que as formigas agem como dispersores secundários. Isso ocorre provavelmente porque a perda e fragmentação de habitats naturais levam ao aumento na pressão de caça e, conseqüentemente, diminuição na diversidade faunística, podendo haver até extinções locais desses dispersores primários (Tabarelli 1998; Silva and Tabarelli 2000). Como grande parte desses diásporos, com ausência dos seus dispersores primários, cai no chão da floresta, ficam disponíveis para os organismos mais abundantes nesse habitat, as formigas (Hölldobler and Wilson 1990; Agosti *et al.* 2000).

Vários trabalhos enfatizam a importância das formigas como dispersores secundários em ecossistemas brasileiros (*e.g.*, Leal and Oliveira 1998; Pizo and Oliveira 2000; Passos and Oliveira 2003). No entanto, o papel das formigas como agentes de dispersão tinha recebido pouca atenção na floresta Atlântica nordestina. Apenas recentemente foram iniciados trabalhos nesta região (Alves 2005, Agra 2006, Marques 2006), os quais demonstraram que as formigas são dispersores secundários de importância fundamental na dinâmica das populações vegetais. Estes trabalhos mostraram que as formigas utilizam uma grande variedade de diásporos da floresta Atlântica nordestina, com potenciais benefícios para o recrutamento de novos indivíduos dessas populações. Além, disso, para *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae) (Alves 2005), *Buchenavia capitata* (Combretaceae) (Marques 2006) e quatro espécies de Melastomataceae (Agra 2006) foram realizados experimentos de remoção e germinação, verificado que as formigas limpam e/ou removem as sementes por até 11 metros, e sua atividade sobre os diásporos aumenta as taxas de germinação de sementes. Sendo assim, o presente trabalho aumenta a lista levantada por Alves (2005), Agra (2006) e Marques (2006) de espécies vegetais utilizadas pelas formigas na floresta Atlântica nordestina, possibilitando um maior entendimento do papel desses invertebrados sobre a biologia de frutos e sementes.

Alguns autores propõem que o tamanho e a presença de estruturas atrativas são os parâmetros mais importantes na remoção dos diásporos por parte das formigas (Hölldobler and Wilson 1990, Pizo and Oliveira 2001; Passos and Oliveira 2003). No nosso estudo, o tamanho do diásporo afetou as taxas de limpeza e remoção dos diásporos, mas não a distância de remoção. O tipo de estrutura atrativa também foi determinante nas taxas de remoção. Esses resultados indicam

que, apesar de não haver uma especificidade alta entre as formigas e os diásporos por elas utilizados, a relação entre formigas e diásporos é mais mutualística do que predatória, uma vez que as sementes com a estrutura atrativa, seja polpa, arilo ou elaiossomos, são as mais usadas pelas formigas. Sementes sem polpa, arilo ou elaiossomo são menos atrativas e apresentam menores taxas de remoção. Além disso, nunca foi observada a utilização do endosperma das sementes. Este padrão é comumente observado em ecossistemas brasileiros (Pizo and Oliveira 2000; Leal and Oliveira 1998; Passos and Oliveira 2002; 2004).

A remoção da estrutura atrativa também influenciou a germinação de sementes das espécies estudadas. Para *C. oblongifolia*, *P. rubra* e *M. distichophylla* houve maiores taxas de germinação quando as estruturas atrativas das sementes foram removidas. Entretanto, para *M. distichophylla* não houve diferença na germinação de sementes intactas e limpas e para *S. macrostachya* houve maiores taxas de germinação para sementes intactas. Outros estudos já demonstraram que quando as formigas retiram a polpa dos frutos ou arilo e elaiossomo das sementes, há uma diminuição no ataque de fungos e aumento nas taxas de germinação das sementes (Leal and Oliveira 1998, Pizo and Oliveira 2000, Leal 2003, Passos and Oliveira 2003).

De acordo com a hipótese da dispersão direcionada, as formigas deslocam os diásporos para locais ricos em nutrientes, reduzindo a competição entre plântulas e favorecendo a germinação (Giladi 2006). Nos nossos experimentos de remoção, a maioria dos diásporos removidos pelas formigas foi depositada no folhicho. Apenas em *X. ochrantha* foi verificada a remoção para os ninhos. É possível que nós não tenhamos observado as formigas chegando aos ninhos porque a camada de folhicho da floresta Atlântica é muito espessa. No entanto, este tipo de vantagem para as plantas já foi observado em muitos trabalhos realizados em vários ecossistemas mais abertos do Brasil, como cerrado (e.g., Leal and Oliveira 1998), restinga (e.g. Passos and Oliveira 2002; 2004) e caatinga (e.g., Leal 2003, Leal et al. 2007), e de outras regiões do Globo (e.g., Beattie 1985; Giladi 2006).

Apesar de nós não observarmos as formigas depositando as sementes nos ninhos, nós conduzimos experimentos de germinação com solos dos formigueiros e solos controle para testar a hipótese de que solo de ninhos de formigueiros são micro-sítios favoráveis para a germinação. Essa hipótese foi confirmada para *C. oblongifolia*, *P. rubra* e *M. distichophylla*. Outros trabalhos também confirmam aumento das taxas de germinação com solos de ninhos de formigas (Leal and Oliveira 1998; Passos and Oliveira 2002; Leal 2003). De acordo com a literatura, os solos dos formigueiros favorecem a germinação, crescimento e estabelecimento de plântulas, devido a uma maior concentração de diversos macro e micronutrientes nesses sítios, além de maior aeração e penetrabilidade (e.g., Moutinho et al. 2003; Passos and Oliveira 2003; 2004; Leal et al. 2007). No

entanto, a concentração desses nutrientes nos ninhos depende da espécie de formiga envolvida. Por exemplo, entre as espécies de formigas cujos ninhos tiveram seus solos analisados, *Ectatomma edentatum* apresentou os valores de carbono, ferro e matéria orgânica total. Já os ninhos de *Atta sexdens* e *Solenopsis* sp. 2 não apresentaram diferenças em relação aos solos controle para alguns dos parâmetros analisados.

A hipótese da dispersão à distância assume que a dispersão reduz o conflito planta parental-prole e a competição das plântulas embaixo das plantas parentais (Giladi 2006). Nos nossos experimentos de remoção as formigas transportaram os diásporos por curtas distâncias (i.e., de 7 a 350 cm) quando comparado com os dispersores primários. No entanto, essas distâncias de remoção já podem promover redução da predação e competição interespecífica (Howe and Smallwood 1982; Beattie 1985), corroborando também a hipótese de dispersão à distância. Além disso, essa atividade das formigas leva a um rearranjo da chuva de sementes deixada pelos dispersores primários, quando estes ainda estão presentes nos fragmentos, afetando a distribuição espacial das populações e aumentando as chances de germinação das sementes e crescimento das plântulas, caso os diásporos alcancem os sítios enriquecidos pelos formigueiros (Beattie 1985; Roberts and Heithaus 1986; Byrne and Levey 1993; Pizo and Oliveira 1998; Passos and Oliveira 2004).

Para concluir, nossos resultados mostram que as formigas são importantes agentes dispersores de espécies não-mirmecocóricas, corroborando estudos prévios que indicam que a mirmecocoria verdadeira não é um mecanismo comum de dispersão de sementes em ecossistemas da América do Sul (Passos and Ferreira 1996; Pizo and Oliveira 1998; Leal and Oliveira 1998). A alta frequência de interações entre formigas e diásporos de espécies não-mirmecocóricas têm implicação para a conservação, na medida em que a maioria dos dispersores primários dessas espécies são aves e mamíferos, animais que são afetados diretamente pelo desmatamento das florestas e pressão de caça. Quando as populações desses dispersores primários estão muito baixas, ou mesmo, quando algumas dessas espécies estão ausentes nos remanescentes, as formigas desempenham um papel importante na biologia de frutos e sementes, sendo os principais organismos a levar as sementes para longe da planta-mãe e, assim, diminuindo a predação de sementes e a competição de plântulas e influenciando a distribuição espacial das populações vegetais.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa concedida a U.A.S. Costa; à Usina Serra Grande, Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste e Conservação Internacional do Brasil pelo apoio logístico na área de estudo; à Juliana Gomes Pessoa pela

identificação das formigas. Ao Marcondes Oliveira pela identificação das espécies e frutos vegetais coletados na área de estudo. Ao Sr. Eleno Araújo pela identificação dos frutos em campo e a ajuda em várias etapas da realização deste trabalho.

Referências bibliográficas

- AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E., and T. SCHULTZ. 2000. Standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Smithsonian Institution Press, Washington
- AGRA D.B. 2006. Interação entre formigas e diásporos de espécies da família Melastomataceae do Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife, PE. Monografia de graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 47 pp.
- ALVES, F.S. 2005. Interações entre formigas e diásporos de espécies vegetais do Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife, PE. Monografia de graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 56 pp.
- AYRES, M., AYRES JR., M., AYRES, D. L., AND A.S. DOS SANTOS. 2003. BioEstat 3.0: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Sociedade Civil Mamirauá, MCT – CNPq. Belém, Brasil.
- BARROSO, G. M., MORIN, M. P., PEIXOTO, A. L., AND C. L. F I. ICHASO. 1999. Frutos e Sementes: Morfologia Aplicada à Sistemática de Dicotiledôneas. Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa-MG.
- BEATTIE, A.J. 1985. The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- BOLTON, B. 1994. Identification guide to ant genera of the world. Harvard University Press, Cambridge.
- BOND, W., AND P. SLINGSBY. 1984. Collapse of ant-plant mutualism: the Argentine ant (*Iridomyrmex humilis*) and myrmecochorous Proteaceae. Ecology 65: 1031-1037.
- BYRNE, M. M., AND D. J. LEVEY. 1993. Removal of seeds from frugivore defecations by ants in a Costa Rican forest. Vegetatio 107: 363-374.
- CULVER, D. C., AND A. J. BEATTIE. 1983. The nest chemistry of two seed dispersing ant species. Oecologia 56: 99-103.
- EMBRAPA– Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. Manual de métodos de análises de solo, 2th, 212 pp. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Rio de Janeiro, Brasil.

- GILADI I. 2006. Choosing benefits or partners: a review of the evidence for the evolution of myrmecochory. *Oikos* 112: 481-492.
- HANDEL, S. N. 1978. The competitive relationship of three woodland sedges and its bearing on the evolution of ant-dispersal of *Carex pedunculata*. *Evolution* 32: 151-163.
- HANDEL, S. N., AND A. J. BEATTIE. 1990. Seed dispersal by ants. *Scientific American* 263: 76-83.
- HÖLLDOBLER, B., AND E. O. WILSON. 1990. *The ants*. Harvard University Press, Cambridge.
- HOWE, H., AND J. SMALLWOOD. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 13: 201-228.
- IBGE. 1985. *Atlas Nacional do Brasil*. IBGE. Rio de Janeiro-Brasil.
- JANZEN, D. H. 1974. Herbivore and the number of tree species tropical forests. *American Naturalist* 104: 501-529.
- KASPARI, M. 1993. Removal seeds from neotropical frugivore droppings: ants responses to seed number. *Oecologia* 95: 81-88.
- LEAL, I. R., AND P. S. OLIVEIRA. 1998. Interactions between fungus-growing ants (Attini), fruits and seeds in Cerrado vegetation in southeast Brazil. *Biotropica* 30: 170-178.
- _____, AND _____. 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.
- _____. 2003. Dispersão de sementes por formigas na caatinga. *In*. I.R. Leal, M. Tabarelli., and J. M. C. Silva, (Eds.). *Ecologia e Conservação da Caatinga*, pp. 593-624. Editora Universitária da UFPE, Recife-PE.
- _____, R. WIRTH., AND M. TABARELLI. 2007. Seed dispersal by ants in the semi-arid Caatinga of northeast Brazil. No prelo.
- LORENZI, H. 1982. *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Vol. 1. Editora Plantarum, Nova Odessa, SP.
- _____. 1998. *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Vol. 2. Editora Plantarum, Nova Odessa, SP.
- MARQUES, E. C. 2006. Dispersão de sementes de *Buchenavia capitata* eichl. (Combretaceae) por formigas no Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife. 67 pp.

- MELO, F.P.L. 2004. O papel do efeito de borda sobre a chuva de sementes e o recrutamento inicial de plântulas: o caso das grandes sementes. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 68 pp.
- MOUTINHO, P., D. C. NEPSTAD, AND E. A. DAVIDSON. 2003. Influence of leaf-cutting ant nests on secondary forest growth and soil properties in Amazônia. *Ecology* 84: 1265-1276.
- MYERS, N., R.A. MITTERMEIER., C.G. MITTERMEIER., G.A.B. FONSECA, AND J. KENT. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- O'DOWD, D. J., AND M. E. HAY. 1980. Mutualism between harvester ants and a desert efemeral: seeds escape from rodents. *Ecology* 61: 531-540.
- OLIVEIRA, P. S., M. GALETTI., F. PEDRONI, AND L. P. C. MORELLATO. 1995. Seed cleaning by *Mycocepurus goeldii* ants (Attini) facilitates germination in *Hymenaea courbaril* (Caesalpinaceae). *Biotropica* 27: 518-522.
- OLIVEIRA, M. A., A. S. GRILLO, AND M. TABARELLI. 2004. Forest edge in the Brazilian Atlantic Forest: drastic changes in tree species assemblages. *Oryx* 38: 389-394.
- ORLANDO FILHO, J. 1973. Nutrição e Adubação da cana-de-açúcar no Brasil (Coleção Planalsucar, vol. 2. IAA/PLANALSUCAR, Piracicaba.
- PASSOS, L., AND S. O. FERREIRA. 1996. Ant dispersal of *Croton priscus* (Euphorbiaceae) seeds in a tropical semideciduous forest in Souteastern Brazil. *Biotropica* 28: 697-700.
- _____, AND P. S. OLIVEIRA. 2002. Ants affect the distribution and performance of *Clusia criuva* seedlings, a primarily bird-dispersed rainforest tree. *Journal of Ecology* 90: 517-528.
- _____, AND P. S. OLIVEIRA. 2003. Interactions between ants, fruits, and seeds in a restinga forest in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 19: 261-270.
- _____, AND P. S. OLIVEIRA. 2004. Interaction between ants and fruits of Guapira opposite (Nyctaginaceae) in a Brazilian sandy plain rainforest: ant effects on seeds and seedlings. *Oecologia* 139: 376-382.
- PIZO, M. A., AND P. S. OLIVEIRA. 1998. Interaction between ants and seeds of a nonmyrmecochorous neotropical tree, *Cabralea canjerana* (Meliaceae) in the Atlantic forest of Southeast Brazil. *American Journal of Botany* 85: 669-674.
- _____, AND P. S. OLIVEIRA. 2000. The use of fruits and seeds by ants in the Atlantic forest of southeast Brazil. *Biotropica* 32: 851-861.
- _____, AND P. S. OLIVEIRA. 2001. Size and lipid content of nonmyrmecochorous diaspores: effects on the interaction with litterforaging ants in the Atlantic rain forest of Brazil. *Plant Ecology* 157: 37-52.

- PERES, C. A. 2000. Identifying Keystone plant resources in tropical forest: the case of gums from *Parkia* pods. *Journal of Tropical Ecology*. 16: 1-31.
- PRANCE, G.T. 1982. Forest refuges: evidences from woody angiosperms. *In* Prance, G.T. (Ed.). *Biological diversification in the tropics*, pp. 137-158. Columbia University Press, New York.
- QUAGGIO, J. A., AND B. RAIJ. 1997. Comparação de métodos rápidos para a determinação da matéria orgânica em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 3: 184-187.
- ROBERTS, J. T., AND E. R. HEITHAUS. 1986. Ants rearrange the vertebrate-generated seed shadow of a neotropical fig tree. *Ecology*. 67: 1046-1051.
- VAN ROOSMALEN, M. G. M. 1985. *Fruits of the Guianan Flora*. Utrecht: Institute of Systematic Botany.
- SANTOS, B. A. 2005. A criação de bordas recria florestas secundárias? Um estudo na floresta Atlântica Nordeste. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 69 pp.
- SÁ-NETO, R.J. 2003. Comunidades de morcegos (Mammalian: Chiroptera) em fragmentos de floresta Atlântica, Usina Serra Grande, Alagoas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco. 148 pp.
- SILVA, J.M.C., AND M. TABARELLI 2000. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. *Nature*. 404: 72-74
- SOLLINS, P. 1998. Factors influencing species composition in tropical lowland rain forest: does soil matter ? *Ecology*. 79: 23-30.
- TABARELLI, M. 1998. Dois Irmãos: O desafio da conservação biológica em um fragmento de Floresta Tropical. *In* I.C. Machado, A.V. Lopes., and K.C. Porto (Eds). *Reserva Ecológica de Dois Irmãos: estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana Recife – Pernambuco - Brasil*, pp. 311-324. Editora Universitária da UFPE, Recife-PE.
- _____, J.M.C., SILVA, AND C. GASCON. 2004. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of Neotropical Forests. *Biodiversity and Conservation*. 13:1419–1425.
- VAN DER PIJL, L. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*, Springer-Verlag, Berlim
- VELOSO, H.P., A.L.R. RANGEL-FILHO, AND J. C. A. LIMA. 1991. *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. IBGE, Rio de Janeiro- RJ.
- VETTORI, L. 1969. *Métodos de análise de solo*. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, Rio de Janeiro.
- WESTOBY, M., K. FRENCH, L. HUGDES, B. RICE, AND L. RODGERSON. 1991. Why do more plant species use ants for dispersal on infertile compared with fertile soils? *Australian Journal of Ecology*. 16: 445-455.

ZAR, J. H. 1999. Biostatistical Analysis, 4th edition, 718 pp. Prentice Hall, New Jersey.

Tabela 1. Espécies vegetais cujos diásporos foram manipulados pelas formigas na Floresta Atlântica nordestina, Usina Serra Grande, Ibateguara, Alagoas, Brasil. Tipo de fruto, tamanho do fruto e tamanho da semente segundo van Roosmalen (1985), Lorenzi (1992, 1998), Barroso *et al.* (1999).

Famílias e espécies de plantas	Tipo do fruto	Tamanho do fruto (mm)	Tamanho da semente (mm)	Tipo de estrutura atrativa	Serviço de dispersão de sementes	
					limpeza	remoção
Anacardiaceae						
1. <i>Thyrsodium spruceanum</i> Salzm. ex Benth.	drupa	20	15	polpa	X	
Annonaceae						
2. <i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	baga	13	5	arilo	X	X
3. <i>Xylopia ochrantha</i> Mart.	baga	40	10	elaiossomo	X	X
Apocynaceae						
4. <i>Tabernaemontana flavicans</i> Wildd. Ex. Roem. & Schult.	baga	41	6	arilo	X	X
Araceae						
5. <i>Philodendron imbe</i> Schott	espádice	63	4	polpa	X	
Araliaceae						
6. <i>Schefflera morototonii</i> (Aubl.) Maguire, Steyerm. & Frodin	drupa	12	5	polpa	X	X

Tabela 1. Continuação

Arecaceae (Palmae)						
7. <i>Euterpe edulis</i> Martius	drupa	14	12	polpa	X	
9. <i>Luffa operculata</i> (L.) Cogn.	baga	66	10	polpa	X	
Boraginaceae						
10. <i>Cordia sellowiana</i> Cham.	drupa	25	10		X	X
Burseraceae						
11. <i>Protium aracouchini</i> (Aubl.) March.	drupa	18	13	arilo	X	X
12. <i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March.	drupa	25	13	arilo	X	X
Campanulaceae						
13. <i>Centropogon cornutus</i> (L.) Druce	baga	14	10	polpa	X	
Caesalpiniaceae						
14. <i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandw.	legume	25	13	arilo	X	
15. <i>Hymenaea courbaril</i> L.	legume	120	28	arilo	X	
16. <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	cápsula	25	18	arilo		X
Celastraceae						
17. <i>Maytenus distichophylla</i> Mart. Ex Reissek	cápsula	17	12	arilo	X	X
Chrysobalanaceae						
18. <i>Couepia martiana</i> Hook.f.	drupa	35	10	polpa	X	
Clusiaceae						
19. <i>Clusia nemorosa</i> G. Mey.	cápsula	12	7	arilo	X	X
20. <i>Rheedia brasiliensis</i> (Mart.) Planch. & Triana	drupa	40	30	arilo	X	

Tabela 1. Continuação

21. <i>Symphonia globulifera</i> Lf	baga	21	13	arilo	X	
22. <i>Tovomita mangle</i> G. Mariz	drupa	18	15	arilo	X	X
Combretaceae						
23. <i>Buchenavia capitata</i> (Vahl) Eichler	drupa	> 1.5			X	
Cucurbitaceae						
24. <i>Cayaponia tayuya</i> (Vell.) Cogn.	baga	12	7	polpa	X	X
25. <i>Gurania</i> sp	baga	50	8	polpa	X	X
Dilleniaceae						
26. <i>Davilla nitida</i> (Vahl.) Kublitzki	baga	5	2	arilo	X	X
Erythroxilaceae						
27. <i>Erythroxylum squamatum</i> Sw.	drupa	10	8	polpa	X	X
Euphorbiaceae						
28. <i>Mabea occidentalis</i> (Benth.) Müll. Arg.	cápsula	24	13	carúncula	X	
29. <i>Senefeldera verticillata</i> (Vell.) Croizat	cápsula	13	10	carúncula	X	
Lacistemataceae						
30. <i>Lacistema robustum</i> Schnizl	cápsula	>12		arilo	X	
Lecythidaceae						
31. <i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Miers	pixidio	35	13	polpa	X	
Marcgraviaceae						
32. <i>Sourobea</i> sp.	drupa	<1.5		arilo	X	X
Malpighiaceae						
33. <i>Byrsonima stipulacea</i> A. Juss.	drupa	33	12	polpa	X	

Tabela 1. Continuação

34. <i>Byrsonima sericea</i> A. DC.	drupa	30	13	polpa	X	
Melastomataceae						
35. <i>Henriettea succosa</i> (Aubl.) DC.	baga	16	0.4	polpa	X	X
36. <i>Miconia hypoleuca</i> (Benth.) Triana	baga	11	0.3	polpa	X	X
37. <i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.	baga	7	0.3	polpa	X	X
38. <i>Miconia ciliata</i> (LC Rich.) DC.	baga	11	0.8	polpa	X	X
39. <i>Miconia</i> sp	baga	13	0.9			X
40. <i>Clidemia debilis</i> Crueg	baga	10	0.7			X
41. <i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.	baga	10	0.5		X	X
Meliaceae						
42. <i>Trichilia</i> sp.	cápsula	16	13	arilóide	X	
Mimosaceae						
43. <i>Inga</i> sp.	legume	90	18	arilo	X	
Monimiaceae						
44. <i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	drupa	12	5.3	polpa	X	
Moraceae						
45. <i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	drupa	35	22	polpa	X	
46. <i>Ficus</i> sp.	sicônio	14	0.8	polpa	X	
47. <i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.)	baga	15	4	polpa	X	
48. <i>Brosimum guianensis</i> (Aubl.) Huber	drupa	17	5	polpa	X	
49 <i>Sorocea hilarii</i> Gaudichand	baga	15	8	polpa	X	X
Myristicaceae						

Tabela 1. Continuação

50. <i>Viola gardneri</i> (A. DC.) Warb	cápsula	27	22	arilo	X	X
Papilionaceae						
51. <i>Swartzia macrostachya</i> Benth.v. <i>macrostachya</i>	legume	40	30	arilo	X	
52. <i>Swartzia pickelli</i> Killip ex. Ducke	legume	38	27	arilo	X	
Passifloraceae						
53. <i>Tetrastylis ovalis</i> (Vell.) Killip.	baga	24	3	polpa	X	X
54. <i>Passiflora</i> sp	baga	57	4	polpa	X	X
55. <i>Passiflora rubra</i> L.	baga	37	8	polpa	X	X
Rubiaceae						
56. <i>Psychotria</i> sp.	drupa	8	4	polpa	X	X
57. <i>Palicourea crocea</i> (Sw.) Roem. & Schul	drupa	>14		polpa	X	
58. <i>Faramea</i> sp	baga	60	14	polpa	X	X
Rutaceae						
59. <i>Hortia arborea</i> Engl.	baga	40	20	polpa	X	
Sapindaceae						
60. <i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	cápsula	15	14	arilo	X	X
61. <i>Paullinia trigonia</i> Vell	cápsula	32	15	arilo	X	X

Tabela 1. Continuação**Sapotaceae**

62. <i>Manilkara salzmannii</i> (A. DC.) Lam	baga	70	36	polpa	X
63. <i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	baga	35	15	polpa	X
64. <i>Pouteria</i> sp	baga	30	8	polpa	X
65. <i>Pradosia glycyphloea</i> (Casar) Liais	baga	27	13	polpa	X

Solanaceae

66. <i>Cestrum laevigatum</i> Schltldl.	baga	10	2.5	polpa	X
67. <i>Lycianthes glandulosum</i> (Ruiz & Pav.) Bitter (Piper)	baga	14	3	polpa	X
68. <i>Solanum</i> sp	baga	18	10	polpa	X

Verbenaceae

69. <i>Aegiphila crysantha</i> Hayek	drupa	16	12	polpa	X
--------------------------------------	-------	----	----	-------	---

Tabela 2. Espécies de formigas que manipularam diásporos nos fragmentos de Floresta Atlântica nordestina, Usina Serra Grande, Ibateguara, Alagoas, Brasil. Comportamento das formigas: **TI** = transporte individual do diásporo para o ninho; **RT** = recrutamento de operários e transporte do diásporo para o ninho; e **RL** = recrutamento de operários e remoção da polpa do fruto ou do arilo e elaiosomo da semente no mesmo local onde o diásporo foi encontrado (sem transporte). Espécies vegetais de acordo com o número da Tabela 1.

Subfamília e espécie	Nº de plantas usadas (Nº de registros)	Comportamento das formigas	Espécies vegetais utilizadas
Dolichoderinae			
1. <i>Azteca</i> sp.1	1(1)	RT	60
2. <i>Tapinomma</i> sp. 1	1(1)	TI	33
3. <i>Dolichoderus</i> sp. 1*	1(1)	RT	55
4. <i>Dorymyrmex</i> sp. 1	3(3)	RT	46, 60 e 62
5. <i>Linepithema</i> sp. 1	1(1)	RT	35
6. <i>Linepithema</i> sp. 2	3(4)	RT	6, 40 e 55
Ecitoninae			
7. <i>Labidus</i> sp. 1	2(2)	RT	51 e 54
Formicinae			
8. <i>Brachymyrmex</i> sp. 1	1(1)	RT	51
9. <i>Brachymyrmex</i> sp. 2	1(1)	RT	25
10. <i>Camponotus</i> sp. 1	2(2)	RL e RT	38 e 54
11. <i>Camponotus</i> sp. 2	4(4)	RT	2, 13, 46 e 50
12. <i>Camponotus</i> sp. 3	1(1)	RT	3

Tabela 2. Continuação

13. <i>Camponotus</i> sp. 4	2(2)	RT	66 e 55
14. <i>Camponotus</i> sp. 5	1(1)	RT	55
15. <i>Camponotus</i> sp. 6	2(2)	RT	33 e 48
16. <i>Camponotus pallescens</i> *	1(1)	RL	50
17. <i>Paratrechina</i> sp. 1	4(4)	RT	20,48 e 59
18. <i>Paratrechina</i> sp. 2	2(2)	RT	35 e 60
19. <i>Paratrechina</i> sp. 3	3(3)	RT	55 e 24
Myrmicinae			
20. <i>Acromyrmex</i> sp. 1	4(4)	TI	25,48,51 e 60
23. <i>Acromyrmex</i> sp. 2	2(2)	TI	29 e 41
24. <i>Acromyrmex</i> sp. 3	1(1)	TI	3
25. <i>Atta cephalotes</i>	15(24)	TI	1, 23,25,26, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 46, 48 e 60
26. <i>Atta sexdens</i>	15(18)	TI	6, 16, 19,21, 36, 37, 38, 39, 42, 48, 51, 60, 35 e 36
27. <i>Cephalotes</i> sp. 1	1(1)	TI	60
28. <i>Cephalotes</i> sp. 2	1(1)	TI	16
29. <i>Crematogaster</i> sp. 1	6(6)	RL e RT	2, 3, 6, 9 e 33
30. <i>Crematogaster</i> sp. 2	6(7)	RL e RT	3, 6, 19, 34, 35 e 51
31. <i>Crematogaster</i> sp. 3	1(1)	RT	19
32. <i>Crematogaster</i> sp. 4	5(6)	RT	33, 35, 44, 51 e 60
33. <i>Crematogaster</i> sp. 5	1(1)	RL e RT	60

Tabela 2. Continuação

34. <i>Cyphomyrmex</i> sp. 1	2(2)	RT	20 e 54
35. <i>Mycocepurus</i> sp. 1	8(10)	RT	1, 20, 21, 33, 35, 40, 45 e 48
36. <i>Pheidole</i> sp. 1	4(7)	RL e RT	5, 24, 38 e 48
37. <i>Pheidole</i> sp. 2	9(11)	RL e RT	3,6,15, 20, 21, 26, 60 e 62
38. <i>Pheidole</i> sp. 3	1(1)	RL e RT	60
39. <i>Pheidole</i> sp. 4	5(5)	RL e RT	9, 15, 35, 45 e 60
40. <i>Pheidole</i> sp. 5	14(17)	RT	1, 3, 6, 35, 36, 43, 44, 45, 48, 51, 59, 60, 62, 67
41. <i>Pheidole</i> sp. 6	26(31)	RL e RT	1, 3, 5, 6, 8, 19, 20, 26, 31, 33, 34, 35, 38, 41, 45, 48, 51, 55, 60 e 62
42. <i>Pheidole</i> sp. 8	5(5)	RL e RT	36, 37, 38, 54 e 59
43. <i>Pheidole</i> sp. 10	5(6)	RL e RT	3, 6, 19, 20 e 39
44. <i>Pheidole</i> sp. 11	5(6)	RL e RT	3, 7, 36, 38 e 45
45. <i>Pheidole</i> sp. 12	5(4)	RL e RT	19, 21, 38 e 53
46. <i>Pheidole</i> sp. 13	12(15)	RL e RT	1, 3, 39, 43, 48, 55, 57, 58, 60, 62 e 66
47. <i>Pheidole</i> sp. 14	5(6)	RL e RT	1, 3, 38, 60 e 67
48. <i>Pheidole</i> sp. 15	3(3)	RL e RT	21, 33 e 60
49. <i>Pheidole</i> sp. 16	13(20)	RL e RT	1, 4, 8, 19, 20, 31, 34, 35, 44, 45, 48, 51 e 60
50. <i>Pheidole</i> sp. 17	2(2)	RL e RT	66 e 62
51. <i>Pheidole oliveirae</i>	8(8)	RL e RT	13, 33, 34, 35, 36, 54, 60 e 67
52. <i>Solenopsis</i> sp. 1	3(3)	RL e RT	36 e 35
53. <i>Solenopsis</i> sp. 2	13(14)	RL	3, 7, 20, 23, 32, 33, 34, 36, 49, 53, 60 e 67

Tabela 2. Continuação

54. <i>Solenopsis</i> sp. 3	5(6)	RL	27, 49, 50, 54 e 60
55. <i>Solenopsis</i> sp. 4	5(6)	RL	2, 7, 8, 20 e 60
56. <i>Wasmmania</i> sp. 1	6(7)	RL e RT	35, 34, 48, 50 53 e 60
57. <i>Wasmmania</i> sp. 2	5(5)	RL e RT	22, 24, 28, 33 e e35
58. <i>Apterostigma</i> sp. 2	1(1)	RL e RT	68
59. <i>Sericomyrmex</i> sp. 1	9(9)	RL e RT	12, 37, 47, 48, 56, 59, 51 e 50
60. <i>Sericomyrmex</i> sp. 2	8(8)	RL e RT	14, 21, 29, 31, 54, 60 e 67
61. <i>Sericomyrmex</i> sp. 3	5(5)	RL e RT	20, 33, 35, 39 e 51
62. <i>Strumigenys</i> sp. 1	1(1)	RL e RT	19
63. <i>Strumigenys</i> sp. 2	1(1)	RL e RT	35
64. <i>Trachymyrmex</i> sp. 1	3(3)	RL e RT	35, 51 e 61
65. <i>Trachymyrmex</i> sp. 2	1(1)	RL e RT	62
66. <i>Trachymyrmex</i> sp. 3	2(2)	RL e RT	48 e 53
67. <i>Trachymyrmex</i> sp. 4	6(6)	RL e RT	22, 29, 33, 35, 53 e 60
68. <i>Trachymyrmex</i> sp. 5	1(1)	RL e RT	24
69. <i>Trachymyrmex</i> sp. 6	2(2)	RL e RT	1 e 32
Pseudomyrmecinae			
70. <i>Pseudomyrmex termitarium</i> *	1(1)	RL e RT	50
Ponerinae			
71. <i>Ectatomma edentatum</i>	1(1)	TI	63
72. <i>Ectatomma tuberculatum</i>	7(8)	TI	3, 22, 35, 39, 44, 55 e 60
73. <i>Gnamptogenys moelleri</i>	4(4)	TI	24, 34 e 60

Tabela 2. Continuação

74. <i>Gnanptogenys</i> sp. 1	3(3)	RL e RC	34, 35 e 45
75. <i>Gnanptogenys hornii</i>	2(2)	RL	34 e 54
76. <i>Gnamptogenys acubrinata</i> *	1(1)	RI	60
77. <i>Hypoponera</i> sp. 1	1(1)	RL e RT	24
78. <i>Hypoponera</i> sp. 2*	1(1)	RI	55
79. <i>Pachycondyla</i> sp. 1*	1(1)	RI	3, 17, 51, 50 e 60
80. <i>Pachycondyla obscuricornis</i>	7(9)	TI	4, 7, 21, 35, 51, 55, 60 e 65
81. <i>Pachycondyla impressa</i>	1(1)	TI	35
82. <i>Pachycondyla striata</i>	6(6)	TI	8, 19, 21, 47, 48 e 59
83. <i>Pachycondyla theresia</i>	2(2)	TI	45 e 66
84. <i>Pachycondyla venusta</i>	1(1)	TI	49
85. <i>Pachycondyla apicalis</i>	3(3)	TI	4, 35 e 64
86. <i>Pachycondyla constricta</i>	2(2)	TI	39 e 55
87. <i>Pachycondyla harpax</i>	1(1)	TI	48
88. <i>Odontomachus bruneus</i>	1(1)	TI	55
89. <i>Odontomachus</i> sp. 1*	1(1)	TI	3 e 51
90. <i>Odontomachus</i> sp. 2 *	1(1)	TI	17
91. <i>Odontomachus</i> sp. 3*	1(1)	TI	60

*Espécies apareceram exclusivamente nos experimentos de remoção de diásporos

Tabela 3. Porcentagem de sementes limpas e removidas, locais de deposição e distâncias de remoção obtidos durante os experimentos de remoção de diásporos realizados nas áreas de floresta Atlântica da Usina Serra Grande, Alagoas, Brasil. Espécies de formigas de acordo com a Tabela 2.

Espécies vegetais	Sementes limpas (%)	Sementes removidas (%)	Local de deposição dos diásporos	Distância média (cm)	Espécies de formigas
<i>Passiflora rubra</i>	0	100	Folhiço/ Ninho	76,69 ± 39,0	3, 29, 41, 42, 51, 71 e 78
<i>Xylopia ochrantha</i>	11	89	Folhiço/ Ninho	85,08 ± 75,0	2, 5, 19, 29, 31, 36, 51, 57, 71, 79, 80, 82, 86 e 89,
<i>Cupania oblongifolia</i>	37	61	Folhiço	12,15 ± 2,16	18, 25, 37, 40, 43, 51, 59, 60, 74, 91, 79, 80 e 86
<i>Maytenus distichophylla</i>	31	15	Folhiço	58,00 ± 106	2, 29, 30, 36, 41, 40, 42, 61, 79 e 90
<i>Virola gardneri</i>	35	13	Folhiço	8,05 ± 4,00	2, 16, 17, 18, 19, 40, 41, 42, 51, 54, 57, 58, 59, 61, 68, 70, 71, 73, 79, 80 e 91
<i>Swartzia macrostachya</i>	15	0	--	--	25, 29, 36, 39, 40, 41, 42, 51, 56, 59, 66, 67, 71, 72, 79, 80 e 89
Nº total	129	278			45

Tabela 4. Comprimento (em mm) e peso seco (em mg) das plântulas que germinaram nos solos de formigueiros e nos solos controle coletados em áreas de floresta da Usina Serra Grande, AL, Brasil.

Espécies focais	Variáveis	Solo de formigueiro	Solo controle	Estadística
<i>Cupania oblongifolia</i>	Comprimento do caule	0,656 ± 1,134	0,537 ± 1,169	U = 153; p > 0,5597
	Comprimento da raiz	6,634 ± 4,805	5,862 ± 3,800	U = 167; p > 0,8194
	Comprimento total	7,336 ± 5,324	6,2 ± 4,969	U = 159; p > 0,6664
	Peso seco do caule	0,012 ± 0,024	0,011 ± 0,028	U = 151; p > 0,5261
	Peso seco da raiz	0,045 ± 0,059	0,016 ± 0,008	U = 105; p > 0,0718
	Peso seco total	0,057 ± 0,070	0,028 ± 0,025	U = 136; p > 0,3104
<i>Swartzia macrostachya</i>	Comprimento do caule	2,6 ± 1,949	9,788 ± 2,461	U = 6; p < 0,0006
	Comprimento da raiz	1,1 ± 1,673	4,924 ± 2,388	U = 18; p < 0,0022
	Comprimento total	4,125 ± 3,923	14,7133 ± 4,089	U = 4,5; p < 0,0005
	Peso seco do caule	0,019 ± 0,032	0,128 ± 0,074	U = 11; p < 0,0001
	Peso seco da raiz	0,578 ± 1,770	0,040 ± 0,049	U = 10; p < 0,0009
	Peso seco total	0,072 ± 0,088	0,706 ± 1,786	U = 4; p < 0,0005
<i>Passiflora rubra</i> *	Comprimento do caule	3,0136 ± 0,8675	3,133 ± 1,0408	U = 21; p > 0,3156
	Comprimento da raiz	1,2272 ± 0,4929	0,9667 ± 0,1155	U = 31; p > 0,8672
	Comprimento total	4,1545 ± 1,0234	4,1 ± 1,1533	U = 31,50; p > 0,900

Tabela 4. Continuação

	Peso seco do caule	-	-	-
	Peso seco da raiz	-	-	-
	Peso seco total	-	-	-
<i>Virola gardneri</i>	Comprimento do caule	6,95 ± 1,362	7,15 ± 2,474	U = 8; p > 1,00
	Comprimento da raiz	2,875 ± 1,090	2,525 ± 2,171	U = 6; p > 0,5637
	Comprimento total	9,825 ± 1,575	9,675 ± 4,488	U = 7; p > 0,7728
	Peso seco do caule	0,217 ± 0,023	0,271 ± 0,257	U = 8; p = 1,00
	Peso seco da raiz	0,062 ± 0,029	0,095 ± 0,081	U = 6; p > 0,5637
	Peso seco total	0,279 ± 0,034	0,367 ± 0,286	U = 18; p = 1,00
<i>Maytenus distichophylla</i>	Comprimento do caule	1,877 ± 2,069	0 ± 0	-
	Comprimento da raiz	2,566 ± 1,460	6,3 ± 0	-
	Comprimento total	4,633 ± 1,522	6,3 ± 0	-
	Peso seco do caule	0,093 ± 0,139	0,013 ± 0,017	U = 9; p > 0,5224
	Peso seco da raiz	0,22 ± 0,011	0,242 ± 0,028	U = 10; p > 0,6698
	Peso seco total	0,1166 ± 0,140	0,012 ± 0,009	U = 3; p > 0,055

*Não foi possível medir o peso seco das plântulas porque elas estavam no limite inferior da capacidade de mensuração da balança.

**Houve apenas uma semente germinada, não sendo possível comparação estatística para as seguintes variáveis: comprimento do caule, raiz e total.

Tabela 5. Propriedades químicas dos solos dos ninhos de diferentes espécies de formigas e de locais aleatórios do Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife, PE, sem formigueiros. Considerados como solos controle. Testes usados foram ANOVA 1-fator (quando os dados eram normais) e Kruskal-Wallis (quando os dados não eram normais). Estão marcadas as diferenças significativas (*) e marginalmente significativas (#). Médias significativamente diferentes são acompanhadas por letras diferentes.

Elementos	Unidades	Solo controle	Solo de <i>Solenopsis</i> sp. 2	Solo de <i>Atta</i> <i>sexdens</i>	Solo de <i>Ectatomma</i> <i>edentatum</i>	Significância da estatística
Carbono	%	1,31 ^a	1,19 ^b	1,26 ^b	1,46 ^c	F= 3,1098; p= 0,0552 [#]
Hidrogênio	Meq/100cm ³	2,29	2,25	2,22	2,29	F= 0,3217; p=0,8113
Fósforo	Ppm	16,70	8,10	9,00	6,90	F= 1,6609; p= 0,2146
Potássio	Ppm	49,20	45,80	36,40	45,80	F= 0,3997; p= 0,7578
Cálcio	Meq/100cm ³	2,09	1,46	1,89	1,49	F= 0,5794; p= 0,6403
Magnésio	Meq/100cm ³	0,82	0,51	0,68	0,55	F= 0,9120; p= 0,5408
Zinco	Ppm	1,18	1,16	1,36	1,36	F= 0,8040; p= 0,5121
Manganês	Ppm	3,84	1,72	3,76	2,32	H= 1,3109; p= 0,7265
Cobre	Ppm	0,94	0,98	1,14	1,16	F= 1,3297; p= 0,2993
Ferro	Ppm	92,00 ^a	96,00 ^a	126,00 ^b	144,00 ^c	F= 3,6726; p= 0,0342*
Sódio	Ppm	10,35	10,00	9,70	10,30	F= 0,1627; p= 0,9194
Alumínio	Meq/100cm ³	0,72	0,79	0,51	0,74	F= 0,7060; p= 0,5650
Ph	H2O 1:2,5	5,30	5,30	5,50	5,30	F= 0,2020; p= 0,8934
Matéria orgânica	%	2,26 ^a	2,05 ^b	2,18 ^a	2,51 ^c	F= 3,1100; p= 0,0052*

Legendas das figuras

Figura 1. Vista aérea dos dois fragmentos estudados na Usina Serra Grande, Ibateguara, AL: Coimbra (A) com cerca 3600ha e Aquidabam com 30ha, circundado por uma matriz de cana-de-açúcar (B).

Figura 2 *Ectatomma tuberculatum* removendo diásporos da *Passiflora rubra* (A) e *Pachycondyla* sp. removendo diásporos de *Cupania oblongifolia* (B) e *Pachycondula striata* removendo elaiossomo da *Xylopia ochrantha* (C) durante o censo na área de estudo.

Figura 3 Taxa de remoção de sementes com e sem a estrutura atrativa das espécies *Xylopia ochrantha*, *Cupania oblongifolia*, *Maytenus distichophylla* e *Passiflora rubra* (N= 60 sementes por categoria por espécie) em áreas de floresta Atlântica da Usina Serra Grande, Ibateguara, AL.

Figura 4. Número de sementes removidas por classe de distância das espécies *Xylopia ochrantha*, *Cupania oblongifolia*, *Maytenus distichophylla*, *Passiflora rubra*, *Virola gardneri* e *Swartzia macrostachya* em áreas de floresta Atlântica da Usina Serra Grande, Ibateguara, AL.

Figura 5 Números de sementes removidas, número de sementes limpas e distância de remoção em função do tamanho dos diásporos das espécies *Cupania oblongifolia*, *Swartzia macrostachya*, *Passiflora rubra*, *Virola gardneri*, *Maytenus distichophylla* e *Xylopia ochrantha* em áreas de floresta Atlântica da Usina Serra Grande, Ibateguara, AL.

Figura 6. Taxa de germinação de sementes com e sem estrutura atrativa das espécies *Cupania oblongifolia*, *Swartzia macrostachya*, *Passiflora rubra*, *Virola gardneri*, *Maytenus distichophylla* e *Xylopia ochrantha* em áreas de floresta Atlântica da Usina Serra Grande, Ibateguara, AL.

Figura 7. Taxa de germinação de sementes em solo de formigueiro e solo retirado de pontos aleatórios da floresta (*i.e.*, solos controle) para as espécies *Cupania oblongifolia*, *Swartzia macrostachya*, *Passiflora rubra*, *Virola gardneri*, *Maytenus distichophylla* e *Xylopia ochrantha* em áreas de floresta Atlântica da Usina Serra Grande, Ibateguara, AL.



Fig. 1.

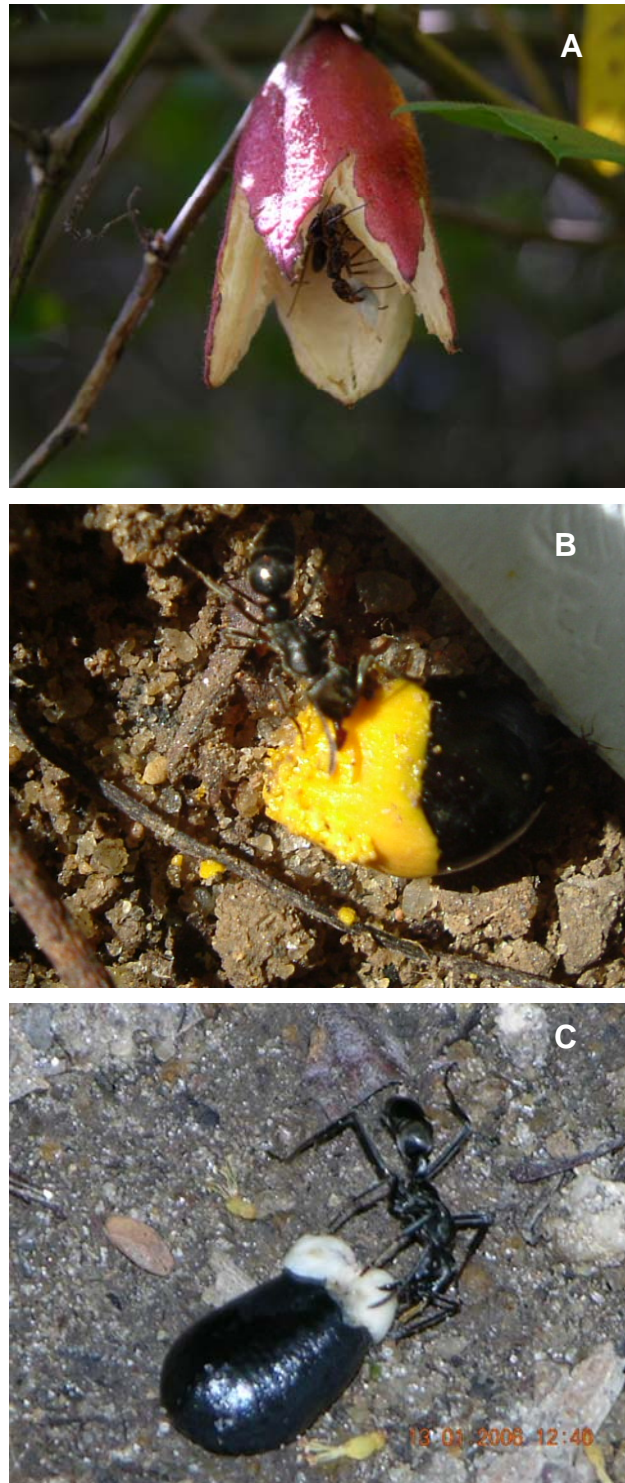


Fig. 2.

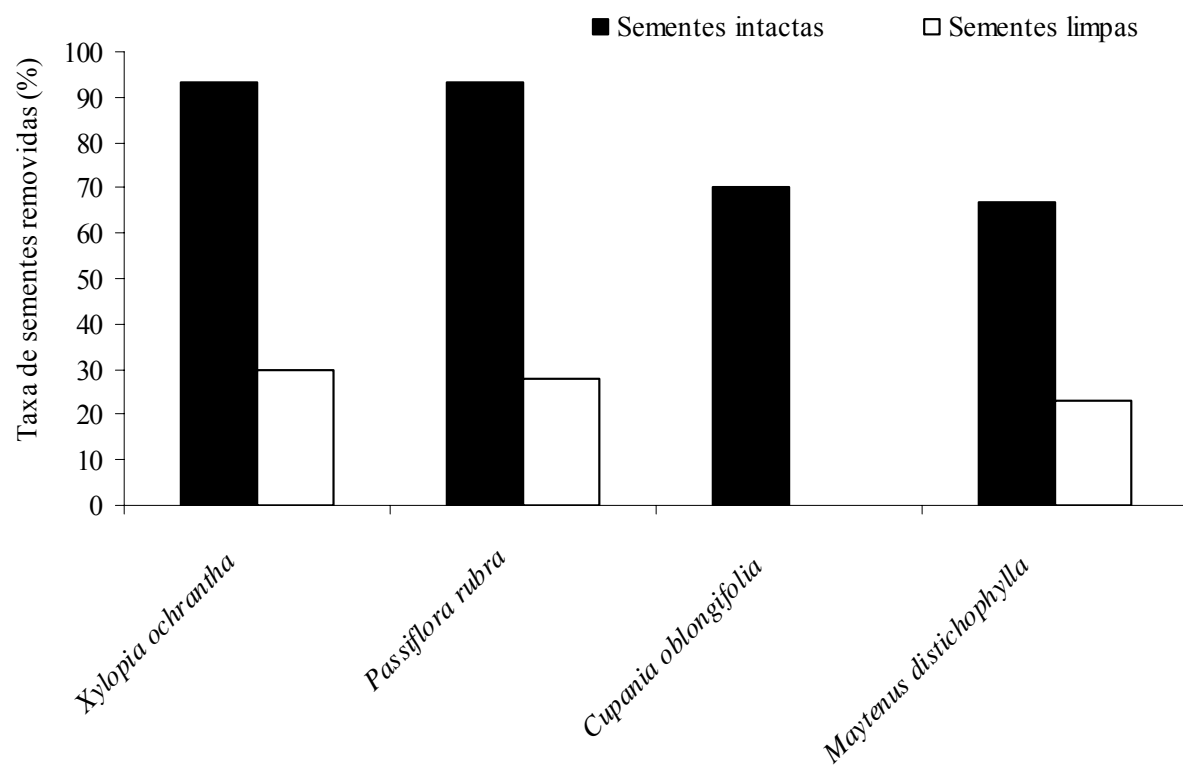


Fig. 3

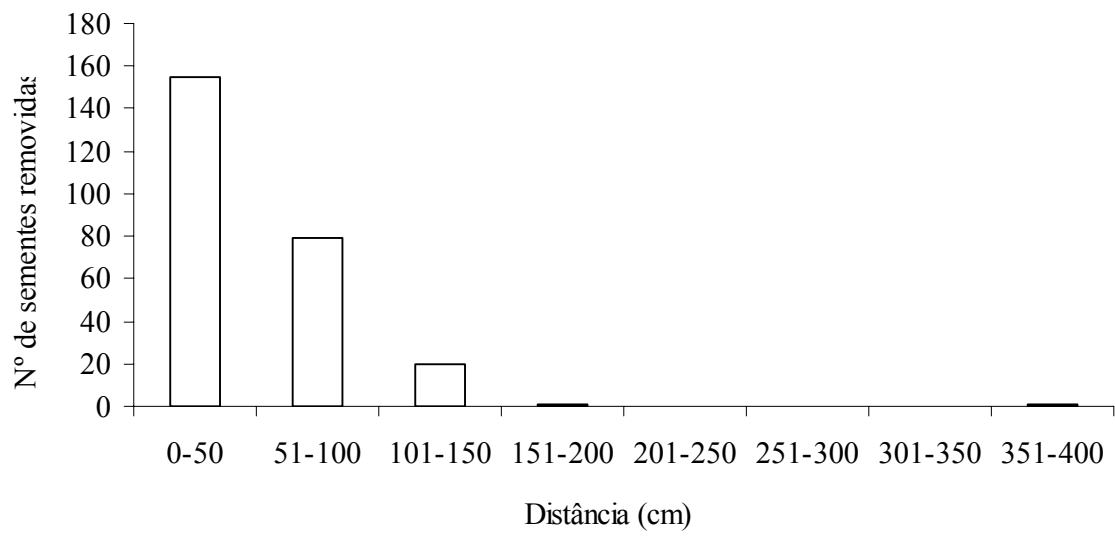


Fig. 4

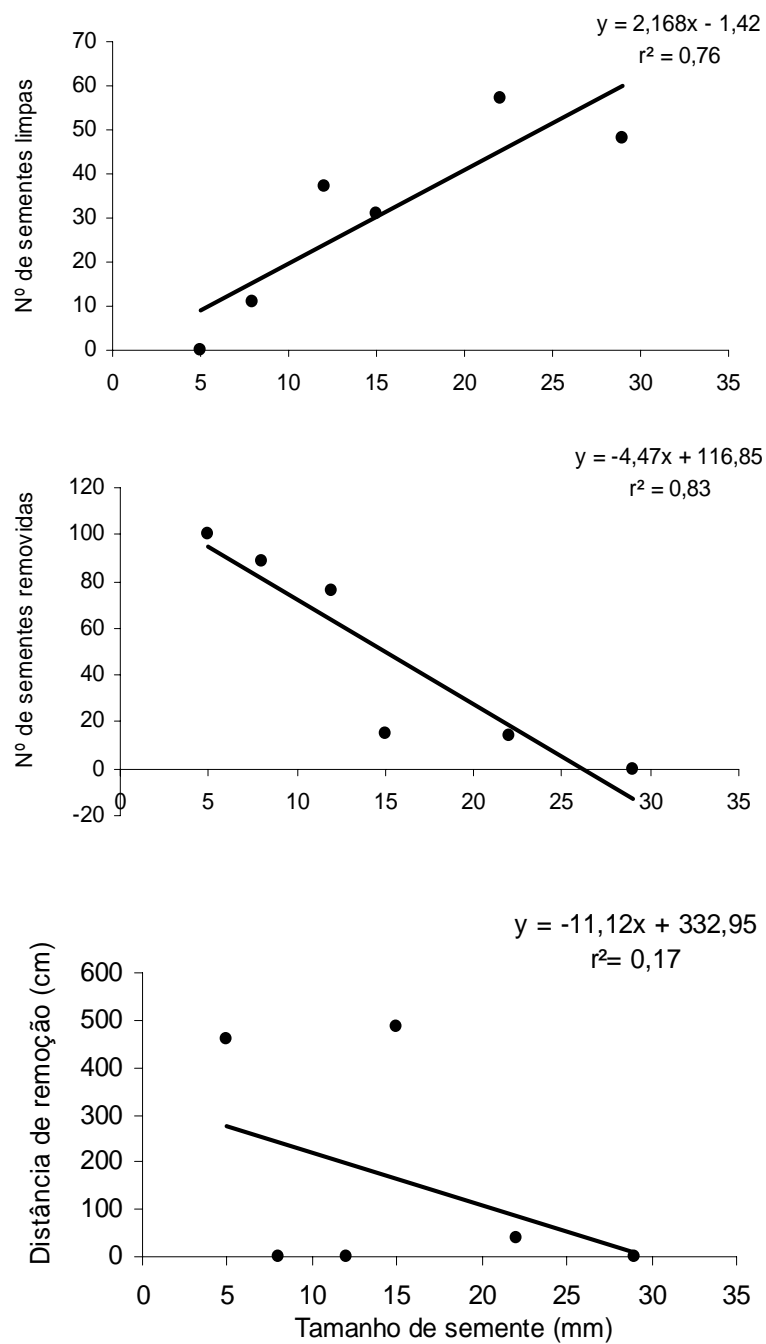


Fig. 5

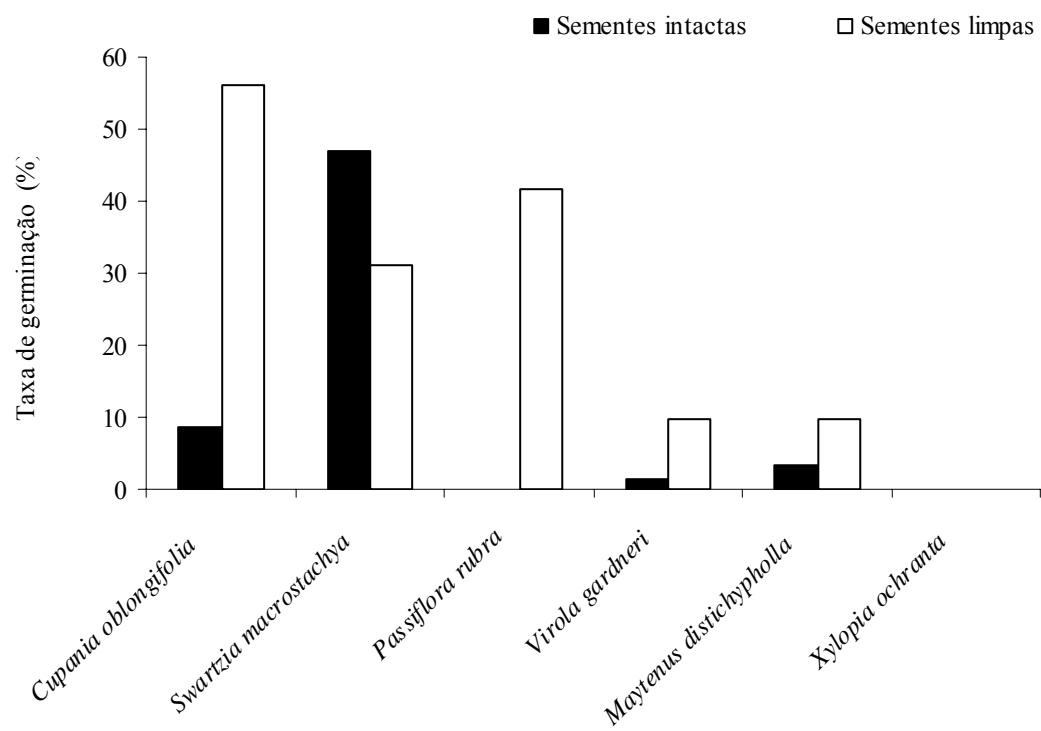


Fig. 6

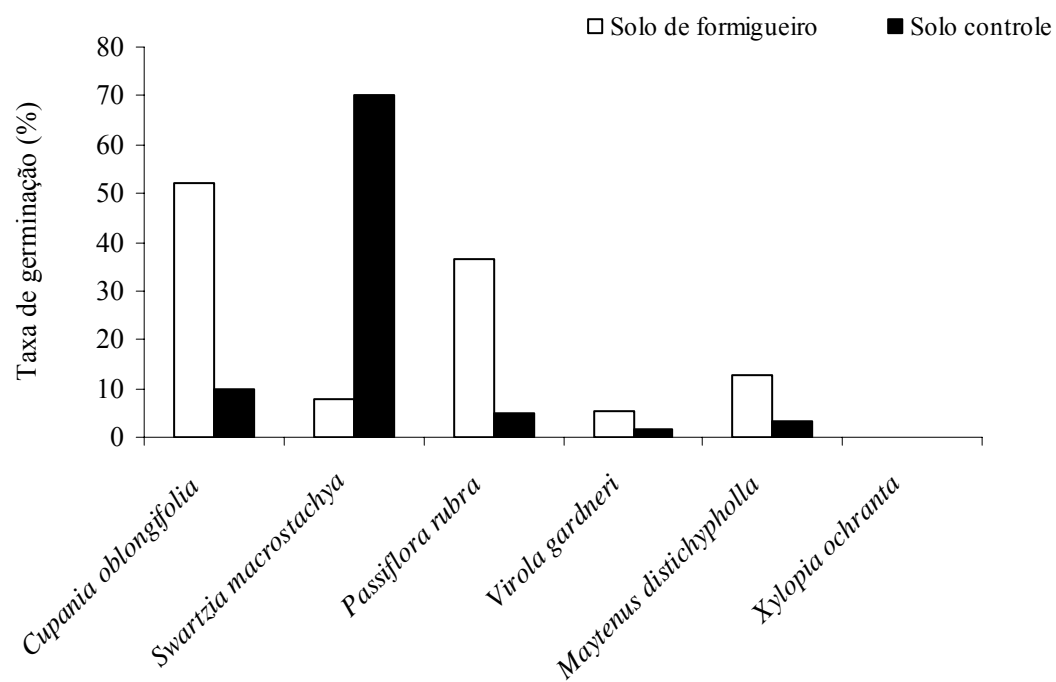


Fig. 7

V. Conclusões

1. As formigas interagem com diásporos de muitas espécies vegetais da floresta Atlântica nordestina, mostrando a importância desses invertebrados na biologia de frutos e sementes, principalmente em ambientes onde os dispersores primários têm suas populações reduzidas pela perda de habitat e fragmentação.
2. As formigas atuam como dispersores primários para poucas espécies, sendo a maioria dos diásporos utilizados dispersos primariamente por aves e mamíferos. Os diásporos utilizados pelas formigas compreendem uma grande variedade de tamanhos e tipos de frutos, mostrando um alto grau de oportunismo por parte das formigas.
3. Existem dois comportamentos básicos das formigas junto aos diásporos, a limpeza e a remoção. Estas atividades podem ser realizadas por operárias individualmente, como nas espécies de poneríneos, ou por conjuntos de operárias recrutadas pelas formigas batedoras, como nos mirmicíneos e formicíneos.
4. O tamanho dos diásporos interfere nas taxas de limpeza e remoção das sementes, mas não nas distâncias de remoção. As formigas removem os diásporos de 7 a 350 cm, e os depositam normalmente sob o folheto.
5. As formigas removem preferencialmente diásporos com estruturas atrativas como polpa, arilo ou elaiossomo. A remoção dessas estruturas atrativas aumenta a germinação de *Cupania oblongifolia*, *Passiflora rubra* e *Virola gardneri*.
6. Os ninhos dos formigueiros proporcionaram maiores taxas de germinação para *Cupania oblongifolia*, *Passiflora rubra* e *Maytenus distichophylla*. Contudo, o crescimento das plântulas não foi incrementado nos solos dos formigueiros.
7. As análises químicas do solo indicam que formigueiros tem maiores concentração de matéria orgânica, ferro e carbono, mas esses nutrientes dependem dos ninhos das espécies de formigas envolvidas. Os solos dos formigueiros apresentam o dobro da penetrabilidade dos solos controle.

VII. Instruções para preparação do manuscrito

BIOTROPICA – JOURNAL OF THE ASSOCIATION FOR TROPICAL BIOLOGY AND CONSERVATION

CHECKLIST FOR PREPARATION OF MANUSCRIPTS AND ILLUSTRATIONS (updated 11 November 2006)

Online submission and review of manuscripts is mandatory effective 1st January 2005.

Please format your paper according to these instructions and then go to the following website to submit your manuscript (<http://www.mc.manuscriptcentral.com/bitr>). Contact the BIOTROPICA Office for assistance if you are unable to submit your manuscript via Manuscript Central (biotropica@env.ethz.ch).

I. General Instructions

- ❑ Publication must be in English, but second abstract in other languages (such as Spanish, French, Portuguese, Hindi, Arabic, Chinese etc.) may be published as Online Supplementary Material. Second abstracts will **not** be copy-edited and the author(s) must take full responsibility for content and quality.
- ❑ Manuscripts may be submitted in the following categories, based on these suggested word limits:
 - Paper (up to 5000 words)
 - Review (up to 8000 words)
 - Commentary (up to 2000 words)
 - Short Communication (up to 2500 words)
- ❑ Use 8.5" x 11" page size (letter size). Double space everything, including tables, figure legends, abstract, and literature cited.
- ❑ Use a 1" margin on all sides. Align left. Avoid hyphens or dashes at ends of lines; do not divide a word at the end of a line.
- ❑ Use standard 12 point type (Times New Roman).
- ❑ Indent all but the first paragraph of each section.
- ❑ Use italics instead of underline throughout. Italicize non-English words such as *e.g.*, *i.e.*, *et al.*, *cf.*, *post-hoc*, and *sensu* (the exception being 'vs.').
- ❑ Include page number in the centre of all pages. Do **not** use line numbering.
- ❑ Cite each figure and table in the text. Tables and figures must be numbered in the order in which they are cited in the text.
- ❑ Use these abbreviations: yr (singular & plural), mo, wk, d, h, min, sec, diam, km, cm, mm, ha, kg, g, L, g/m²
- ❑ For units, avoid use of negative numbers as superscripts: use the notation /m² rather than m⁻².
- ❑ Write out other abbreviations the first time they are used in the text; abbreviate thereafter: "El Niño Southern Oscillation (ENSO) . . ."
- ❑ Numbers: Write out one to ten unless a measurement (*e.g.*, four trees, 6 mm, 35 sites, 7 yr, 10 × 5 m, > 7 m) or in combination with other numbers (*e.g.*, 5 bees and 12 wasps). Use a comma as a separator in numbers with **more than** four digits (*i.e.*, 1000, but 10,000); use decimal points as in 0.13; 21°C (no spaces); use dashes to indicate a set location of a given size (*e.g.*, 1-ha plot).
- ❑ Spell out 'percent' except when used in parentheses (20%).

- ❑ Statistical abbreviations: Use italics for *P*, *N*, *t*, *F*, R^2 , *r*, *G*, *U*, *N*, \div^2 (italics); but use roman for: df, SD, SE, SEM, CI.
- ❑ Dates: 10 December 1997; Times: 0930 h, 2130 h
- ❑ Latitude and Longitude are expressed as: 10°34'21" N, 14°26'12" W
- ❑ Regions: SE Asia, UK (no periods), but note that U.S.A. includes periods.
- ❑ Geographical place names should use the English spelling in the text (Zurich, Florence, Brazil), but authors may use their preferred spelling when listing their affiliation (Zürich, Firenze, Brasil).
- ❑ Lists in the text should follow the style: ... : (1)... ; (2)...; and (3)..., as in, “The aims of the study were to: (1) evaluate pollination success in *Medusagyne oppositifolia*; (2) quantify gene flow between populations; and (3) score seed set.”
- ❑ Each reference cited in text must be listed in the Literature Cited section, and vice versa. Double check for consistency, spelling and details of publication, including city and country of publisher.
- ❑ For manuscripts ACCEPTED for publication but not yet published, cite as Yaz (in press) or (Yaz, in press). Materials already published online can be cited using the digital object identifier (doi)
- ❑ Literature citations in the text are as follows:
 - One author: Yaz (1992) or (Yaz 1992)
 - Two authors: Yaz and Ramirez (1992); (Yaz & Ramirez 1992)
 - Three or more authors: Yaz *et al.* (1992), but include ALL authors in the literature cited section.
- ❑ Cite unpublished materials or papers not in press as (J. Yaz, pers. obs.) or (J. Yaz, unpublished data). Initials and last name must be provided. ‘In prep’ or ‘submitted’ are NOT acceptable, and we encourage authors not to use ‘pers. obs.’ or ‘unpublished data’ unless absolutely necessary. Personal communications are cited as (K. A. Liston, pers. comm.).
- ❑ Use commas (Yaz & Taz 1981, Ramirez 1983) to separate citations, BUT use semicolon for different types of citations (Fig. 4; Table 2) or with multiple dates per author (Yaz *et al.* 1982; Taz 1990, 1991). Order references by year, then alphabetical (Azy 1980, Yaz 1980, Azy 1985).
- ❑ Assemble manuscripts in this order:
 - Title page
 - Abstract
 - Key words
 - Text
 - Acknowledgments (spelled like this)
 - Literature cited
 - Tables
 - Appendix (when applicable)
 - Figure legends (one page)
 - Figures
- ❑ For the review purpose, submit the entire manuscript, with Tables, Figure legends and Figures embedded at the end of the manuscript text, as a Microsoft Word for Windows document (*.doc), or equivalent for Mac or Linux. Do NOT submit papers as pdf files.

II. Title Page

(Do not number the title page)

- ❑ Running heads two lines below top of page.
LRH: Yaz, Pirozki, and Peigh (may not exceed 50 characters or six author names; use Yaz *et al.*)
RRH: Seed Dispersal by Primates (use capitals; may not exceed 50 characters or six words)

- ❑ Complete title, flush left, near middle of page, Bold Type and Initial Caps, usually no more than 12 words.
- ❑ Where species names are given in the title it should be clear to general readers what type(s) of organism(s) are being referred to, either by using Family appellation or common name. For example: ‘Invasion of African Savanna Woodlands by the Jellyfish tree *Medusagyne oppositifolia*’, or ‘Invasion of African Savanna Woodlands by *Medusagyne oppositifolia* (Medusagynaceae)’
- ❑ Titles that include a geographic locality should make sure that this is clear to the general reader. For example: ‘New Species of Hummingbird Discovered on Flores, Indonesia’, and NOT ‘New Species of Hummingbird Discovered on Flores’.
- ❑ Below title, include author(s) name(s), affiliation(s), and unabbreviated complete address(es). Use superscript number(s) following author(s) name(s) to indicate current location(s) if different than above. In multi-authored papers, additional footnote superscripts may be used to indicate the corresponding author and e-mail address. **Please refer to a current issue.**
- ❑ At the bottom of the title page every article must include: Received ____; revision accepted ____ . (BIOTROPICA will fill in dates.)

III. Abstract Page

(Page 1)

- ❑ Abstracts should be concise (maximum of 250 words for papers and reviews; 75 words for Short Communications; no abstract for Commentary). Include brief statements about the intent, materials and methods, results, and significance of findings.
- ❑ Do not use abbreviations in the abstract.
- ❑ **Authors are strongly encouraged to provide a second abstract in the language relevant to the country in which the research was conducted**, and which will be published as Online Supplementary Materials. This second abstract should be submitted as a separate word file.
- ❑ Provide up to eight key words after the abstract, separated by a semi-colon (;). Key words should be listed alphabetically. Include location, if not already mentioned in the title. See style below. Key words should NOT repeat words used in the title. Authors should aim to provide informative key words—avoid words that are too broad or too specific.
- ❑ *Key words:* Melastomataceae; *Miconia argentea*; seed dispersal; Panama; tropical wet forest.—Alphabetized and key words in English only.

IV. Text

(Page 2, etc) See General Instructions above, or recent issue of BIOTROPICA (Section I).

- ❑ No heading for Introduction. First line or phrase of Introduction should be SMALL CAPS.
- ❑ Main headings are **METHODS**, **RESULTS**, and **DISCUSSION**: All CAPITALS and **Bold**. Flush left, one line.
- ❑ One line space between main heading and text
- ❑ Second level headings: SMALL CAPS, flush left, Capitalize first letter, begin sentence with em-dash, same line (*e.g.*, INVENTORY TECHNIQUE.—The ant inventory...).
- ❑ Use no more than second level headings.
- ❑ Do not use footnotes in this section.
- ❑ References to figures are in the form of ‘Fig. 1’, and tables as ‘Table 1’. Reference to Online Supplementary Material is as ‘Fig. 1S’ or ‘Table 1S’.

V. Literature Cited

(Continue page numbering and double spacing)

- ❑ No ‘in prep.’ or ‘submitted’ titles are acceptable; cite only articles published or ‘in press’. ‘In press’ citations must be accepted for publication. Include journal or publisher.

- ❑ Verify all entries against original sources, especially journal titles, accents, diacritical marks, and spelling in languages other than English.
- ❑ Cite references in alphabetical order by first author's surname. References by a single author precede multi-authored works by the same senior author, regardless of date.
- ❑ List works by the same author chronologically, beginning with the earliest date of publication.
- ❑ Insert a period and space after each initial of an author's name; example: YAZ, A. B., AND B. AZY. 1980.
- ❑ Authors Names: use SMALL CAPS.
- ❑ **Every** reference should spell out author names as described above. BIOTROPICA no longer uses 'em-dashes' (—) to substitute previously mentioned authors.
- ❑ Use journal name abbreviations. If in doubt provide full journal name.
- ❑ Double-space. Hanging indent of 0.5 inch.
- ❑ Leave a space between volume and page numbers and do not include issue numbers. 27: 3–12
- ❑ Article in books, use: AZY, B. 1982. Title of book chapter. In G. Yaz (Ed.). Book title, pp. 24–36. Black Publications, Oxford, UK.

VI. Tables

(Continue page numbering)

- ❑ Each table must start on a separate page, double-spaced. The Table number should be in Arabic numerals followed by a period. Capitalize first word of title, double space the table caption. Caption should be italicized, except for words and species names that are normally in italics.
- ❑ Indicate footnotes by lowercase superscript letters (^a, ^b, ^c, etc.).
- ❑ Do not use vertical lines in tables.
- ❑ Ensure correct alignment of numbers and headings in the table (see current issues)

VII. Figure Legends

(Continue page numbering)

- ❑ Double-space legends. All legends on one page.
- ❑ Type figure legends in paragraph form, starting with 'FIGURE' (uppercase) and number.
- ❑ Do not include 'exotic symbols' (lines, dots, triangles, etc.) in figure legends; either label them in the figure or refer to them by name in the legend.
- ❑ Label multiple plots/images within one figure as A, B, C etc, as in 'FIGURE 1. Fitness of *Medusagyne oppositifolia* as indicated by (A) seed set and (B) seed viability', making sure to include the labels in the relevant plot.

VIII. Preparation of Illustrations or Graphs

Please consult <http://www.blackwellpublishing.com/bauthor/illustration.asp> for detailed information on submitting electronic artwork

- ❑ Black-and-white or half-tone (photographs), drawings, or graphs are all referred to as 'Figures' in the text. Consult editor about color figures. Reproduction is virtually identical to what is submitted; flaws will not be corrected. Consult a recent issue of BIOTROPICA for examples.
- ❑ If it is not possible to submit figures embedded within the text file, then submission as *.pdf, *.tif or *.eps files is permissible.
- ❑ Native file formats (Excel, DeltaGraph, SigmaPlot, etc.) cannot be used in production. When your manuscript is accepted for publication, for production purposes, authors will be asked upon acceptance of their papers to submit:
 - Line artwork (vector graphics) as *.eps, with a resolution of < 300 dpi at final size
 - Bitmap files (halftones or photographs) as *.tif or *.eps, with a resolution of < 300 dpi at final size

- ❑ Final figures will be reduced. Be sure that all text will be legible when reduced to the appropriate size. Use large legends and font sizes. We recommend using Arial font (and NOT Bold) for labels within figures.
- ❑ Do not use negative exponents in figures, including axis labels.
- ❑ Each plot/image grouped in a figure or plate requires a label (*e.g.*, A, B). Use upper case letters on grouped figures, and in text references.
- ❑ Use high contrast for bar graphs. Solid black or white is preferred.

IX. Short Communications (up to 2500 words)

Title page should be formatted as with Papers (see above; RRH: “Short Communications”)

- ❑ No section headings.
- ❑ Author(s) address follows literature cited.
- ❑ 1 figure or 1 table only (additional material can be published as Online Supplementary Material).

X. Appendices

- ❑ We do NOT encourage the use of Appendices unless absolutely necessary. Appendices will be published as Online Supplementary Material in almost all cases.
- ❑ Appendices are appropriate for species lists, detailed technical methods, mathematical equations and models, or additional references from which data for figures or tables have been derived (*e.g.*, in a review paper). If in doubt, contact the editor.
- ❑ Appendices must be referred to in the text, as Appendix 1S. Additional figures and tables may be published as OSM (as described above), but these should be referred to as Fig. 1S, Table 1S.
- ❑ Appendices should be submitted as a separate file.
- ❑ The editor reserves the right to move figures, tables and appendices to OSM from the printed text, but will discuss this with the corresponding author in each case.

Questions? Please consult the online user’s guide at Manuscript Central first before contacting the editorial office

Phone: 0041 44 632 89 45

Editor's Phone: 0041 44 632 86 27

Fax: 0041 44 632 15 75

biotropica@env.ethz.ch

Please use this address for all inquiries concerning manuscripts and editorial correspondence.