

POLIANA FIGUEROA FALCÃO

**EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA DIVERSIDADE
DE PLANTAS CORTADAS PELA FORMIGA CORTADEIRA *Atta
cephalotes***

RECIFE, 2004

POLIANA FIGUEROA FALCÃO

**EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA DIVERSIDADE
DE PLANTAS CORTADAS PELA FORMIGA CORTADEIRA *Atta
cephalotes***

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Biologia Vegetal
como requisito parcial à obtenção do
título de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientadora: Profa. Dra. Inara R. Leal

Co-orientador: Prof. Dr. Rainer Wirth

RECIFE, 2004

POLIANA FIGUEROA FALCÃO

**EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA DIVERSIDADE
DE PLANTAS CORTADAS PELA FORMIGA CORTADEIRA *Atta
cephalotes***

BANCA EXAMINADORA:

Dra. Inara R. Leal (UFPE)

Dr. Marcelo Tabarelli (UFPE)

Dr. André Vitor Lucci Freitas (UNICAMP)

Dra. Jarcilene Almeida Cortez (UFPE)

Dr. Paulo Santos (UFPE)

ATA DA PROVA PÚBLICA DE DEFESA DA DISSERTAÇÃO DA ALUNA **POLIANA FIGUEIROA FALCÃO**, DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL DO CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.

Às quatorze horas e quinze minutos, do dia vinte de fevereiro de dois mil e quatro, no Anfiteatro do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, realizou-se a prova pública da defesa de dissertação da Mestranda **POLIANA FIGUEIROA FALCÃO** intitulada: "EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA DIVERSIDADE DE PLANTAS CORTADAS PELA FORMIGA CORTADEIRA *Atta laevigata*". A Banca Examinadora, teve como membros titulares os Professores: Dra. INARA ROBERTA LEAL, do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pernambuco, Doutora em Ecologia, pela Universidade Estadual de Campinas, e Orientadora da aluna; Dr. ANDRÉ VICTOR LUCCI FREITAS, Professor do Departamento de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas, Doutor em Ecologia, pela Universidade Estadual de Campinas, e o Dr. MARCELLO TABARELLI, Professor do Depto. de Botânica da Universidade Federal de Pernambuco, Doutor em Ecologia, pela Universidade de São Paulo. Como Membros Suplentes o Dr. PAULO SANTOS, do Departamento de Zoologia da Universidade Federal de Pernambuco, e a Dra. JARCILENE DE ALMEIDA-CORTEZ, Professora do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pernambuco. A Dra. IVA CARNEIRO LEÃO BARROS, na qualidade de Coordenadora do Programa, iniciou a sessão apresentando os membros da banca, e convidando em seguida a Dra. INARA ROBERTA LEAL para presidir a sessão, na qualidade de orientadora do aluno. A Dra. INARA ROBERTA LEAL convidou a aluna para fazer a exposição do seu trabalho. Após a apresentação da aluna, a Profa. INARA ROBERTA LEAL convidou o Dr. ANDRÉ VICTOR LUCCI FREITAS, para fazer a sua arguição em forma de diálogo. Em seguida, o mestrando foi arguido, também em forma de diálogo, pelo Dr. MARCELO TABARELLI. Após o término das arguições, a Dra. INARA ROBERTA LEAL teceu 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 **POLIANA FIGUEIROA FALCÃO**, a seguinte menção: "APROVADA COM DISTINÇÃO", 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 quinze horas e vinte minutos, e para constar como Secretária, EU, GIOVANNA GUTERRES, lavrei, datei e assinei esta ATA, que também assinam os demais presentes.
Recife, 20 de fevereiro de 2004.

Giovanna Guterres

Inara Leal

União Maria S. Cortez

Sabrina Cruz

Dr. A. Vitor Lucci

Dr. André Victor

Marcello Tabarelli

Verônica S. Barroso

P. L. L. L.
Poliana F. Falcão
Sítio Rota do Linc.

Gláucia Espalhe
Jarcilene de Almeida Cortez

Homologado em
Reunião do Colegiado de 5/3/04.

Giovanna Guterres

Índice

Agradecimentos.....	v
Apresentação.....	1
Revisão da literatura.....	2
Fragmentação florestal.....	2
Formigas cortadeiras.....	4
Seletividade das formigas cortadeiras.....	6
Influência da fragmentação na seletividade das formigas cortadeiras.....	7
Literatura citada.....	8
Manuscrito.....	14

Agradecimentos

Aos meus pais, Célia e Roberto e ao meu irmão Pedro Paulo, por todo amor e carinho dedicados a mim e por sempre me apoiarem nas minhas decisões.

À Prof. Dra. Inara R. Leal, pelas oportunidades cedidas, confiança e amizade durante todo tempo de convívio.

Ao Prof. Dr. Rainer Wirth, pela participação na elaboração do trabalho e sugestões no desenvolvimento do projeto.

Às Profas. Dras. Jarcilene Almeida Cortez e Ariadna Lopes, pelas sugestões no projeto.

Aos Profs. Drs. André Vitor Lucci Freitas, Marcelo Tabarelli, Jarcilene Almeida Cortez e Paulo Santos, por terem aceitado o convite de participar da banca examinadora.

Aos Msc. Marcondes Oliveira e Alexandre Grillo, pela utilização das plantas identificadas de Serra Grande.

Aos amigos de projeto Walkiria Almeida, Manoel Araújo, Veralucia Barbosa e Pille Urbas, pela companhia nas viagens e nas noites de trabalho no campo.

A Cléo Leite pelo incentivo constante em todas as etapas da minha formação.

Aos amigos conquistados, Lilliani Cantareli, Luciana Oliveira, Giani Cavalcante e Amaro de Castro, pelos ótimos momentos de descontração e divertimento que tivemos juntos.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal em Ensino Superior (CAPES), à Fundação de Pesquisa Alemã (DFG), e ao Conselho Nacional de Pesquisa e desenvolvimento científico (CNPq), pelo auxílio financeiro para a realização desta pesquisa e pela bolsa concedida.

À Conservation International (CI), ao Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (CEPAN) e à Usina Serra Grande, pelo apoio logístico durante o trabalho de campo.

Apresentação

A complexidade e diversidade biológica de florestas tropicais estão em contínua ameaça de destruição pelas atividades humanas (Turner 1996). A intensificação dessas atividades nas últimas décadas, tem levado a processos deletérios como a fragmentação florestal (Whitmore 1997). Dentre as conseqüências primárias deste processo de fragmentação estão a redução e o isolamento dos habitats e o aumento na razão borda/interior de florestas, os quais resultam numa variedade de modificações físicas e biológicas nos remanescentes (Laurance 1997).

Modificações físicas devido ao processo de fragmentação levam a mudanças na abundância e composição das espécies, nos processos ecológicos como polinização e dispersão e, portanto, no funcionamento do ecossistema como um todo (Murcia 1995, Laurance 1997). No entanto existem poucas informações sobre as conseqüências dessa fragmentação na dinâmica dos processos ecológicos e na estrutura trófica do ecossistema.

Neste trabalho foi testada a hipótese que a fragmentação florestal reduz a diversidade de espécies vegetais coletadas pelas colônias das formigas cortadeiras *Atta cephalotes* (Linné,1758) em um trecho de floresta Atlântica. Nós acreditamos que em ambientes perturbados, como bordas de floresta e pequenos fragmentos, as colônias estarão localizadas em áreas com alta proporção de espécies de plantas pioneiras (Laurance *et al.* 1998), as quais apresentam menos defesas contra herbívoros (Coley & Barone 1996). Assim, essas colônias de áreas perturbadas terão mais alimento disponível, o que constitui um controle “bottom-up” menos eficaz do que em ambientes de interior de floresta.

Esse trabalho é parte integrante do projeto “Interações Tróficas em Florestas Fragmentadas: o sistema modelo das formigas cortadeiras” (CAPES/DFG e CNPq), e

trata-se do primeiro estudo a investigar os efeitos da fragmentação florestal em cadeias tróficas. Esperamos que nossos resultados contribuam para elucidar o papel das formigas cortadeiras em florestas tropicais e os processos que levam a um aumento da densidade dessas formigas em consequência das atividades antrópicas.

Revisão da literatura

Fragmentação florestal

Não há dúvidas de que a Floresta Tropical detém a maior riqueza de espécies de todos os ecossistemas terrestres. No entanto, esta enorme complexidade e diversidade biológica estão em contínua ameaça de destruição pelas atividades humanas (Turner 1996).

O desflorestamento tem aumentado a cada ano, resultando em uma paisagem altamente fragmentada (Whitmore 1997). As consequências primárias desta fragmentação são a redução e o isolamento dos habitats e o aumento na razão borda/interior de florestas, a qual resulta numa variedade de modificações físicas e biológicas nos remanescentes conhecidas como efeito de borda (Laurance 1997). A criação repentina da borda modifica fatores abióticos como aumento na incidência de luz, temperatura e turbulência e diminuição da umidade relativa (veja revisão em Murcia 1995). Em decorrência, há um aumento nas taxas de recrutamento de espécies pioneiras (Laurance *et al.* 1998) e uma maior proliferação de lianas e trepadeiras (Laurance *et al.* 2001), resultante do aumento nas taxas de mortalidade de árvores devido à turbulência (Laurance 1997) ou intolerância as mudanças climáticas repentinas (Ferreira & Laurance 1997).

O processo de fragmentação geralmente envolve a conversão da paisagem de floresta contínua para um mosaico de remanescentes de floresta em uma matriz não florestal (Ganade 2001). Fatores como tamanho, forma e grau de isolamento dos remanescentes podem influenciar diretamente a sua biodiversidade (Turner 1996). Por exemplo, estudos realizados em Manaus mostraram que pequenos fragmentos contêm poucas espécies de aves, pequenos mamíferos, primatas, sapos, besouros escarabeídeos, abelhas euglossine e cupins, quando comparados a fragmentos maiores ou a áreas de floresta contínua (ver diferentes capítulos em Bierregaard *et al.* 2001). Similarmente, outros estudos em outros ambientes tropicais têm encontrado os mesmos resultados, especialmente para fragmentos com maiores períodos de isolamento (*e.g.*, Turner 1996).

A polinização também é bastante afetada pela fragmentação através da redução na abundância e riqueza de espécies de polinizadores (Aizen & Feinsinger 1994, Johnson *et al.* 2004). A guilda de polinizadores é modificada com a fragmentação causando mudanças no fluxo gênico em populações de plantas e na dinâmica de comunidades de animais e plantas (Aizen & Feinsinger 1994, Johnson *et al.* 2004). Além da polinização, a dispersão de sementes de muitas espécies vegetais também é afetada pela fragmentação (Silva & Tabarelli 2000). Isso se dá porque muitas plantas são altamente dependentes da eficiência de seus agentes dispersores para migrarem para novos locais. Por exemplo, algumas sementes tropicais dispersas pelo vento, são incapazes de chegar a manchas de floresta mais além de 100m (Ganade 2001). Muitos animais dispersores também podem ser incapazes de promover a migração de sementes entre áreas espacialmente isoladas (Turner 1996), ou estão extintos localmente em fragmentos pequenos (Silva & Tabarelli 2000). Portanto, espécies com baixa mobilidade podem ficar confinadas a fragmentos e dependentes de raros eventos de migração por dispersão para trocar material genético com populações vizinhas (Ganade

2001). Como resultado, fragmentos de floresta espacialmente isolados apresentam baixa riqueza de espécies (Turner 1996).

Formigas cortadeiras

A grande maioria das espécies de formigas se alimenta principalmente de proteína animal (Hölldobler & Wilson 1990). No entanto, a subfamília Myrmicinae apresenta uma exceção, a tribo Attini, com 12 gêneros e 210 espécies de formigas com dieta fungívora (Schultz & Meier 1995). As formigas Attini são neotropicais, ocorrendo entre 40°N e 44°S (Vasconcelos 1988). Estas formigas coletam grande quantidade de material vegetal, o qual é utilizado como substrato para o fungo simbiote (Fowler & Clave 1991), única fonte de alimento das larvas e parte principal da dieta dos adultos, que também se alimentam de seiva exudada das plantas cortadas (Cherrett 1968, Forti *et al.* 1983).

Atta cephalotes é uma das 15 espécies do gênero *Atta* que, juntamente com as 24 espécies de *Acromyrmex*, são popularmente conhecidas como formigas cortadeiras ou saúvas. Estes gêneros são os mais derivados da tribo Attini (Hölldobler & Wilson 1990), e coletam principalmente folhas para o cultivo do fungo simbiote (Hölldobler & Wilson 1990).

Espécies de *Atta* constroem ninhos subterrâneos grandes e conspícuos, que podem suportar uma população de milhares de formigas (Vasconcelos 1988). Estima-se que um ninho de *Atta laevigata* de oito anos de idade tenha cerca de cinco milhões de indivíduos (Forti *et al.* 1983), com trabalhadoras cortando e carregando para o ninho fragmentos vegetais ao longo de um complexo sistema de trilhas de forrageamento (Wirth *et al.* 1997).

As formigas saúvas são consideradas os herbívoros mais importantes de florestas neotropicais (Cherrett 1968). Em consequência de seu hábito de cortar folhas, são consideradas as principais pragas de áreas agrícolas e reflorestadas, chegando a destruir total ou parcialmente uma cultura (Cherrett 1968, Forti *et al* 1983, Vasconcelos 1988, Hebling *et al.* 2000). Em ambientes naturais, as formigas cortadeiras chegam a remover de 12 a 17% da produção total de folhas (Cherrett 1968), sendo os maiores consumidores de material vegetal quando comparadas a qualquer outro grupo de mesma diversidade taxonômica (Hölldobler & Wilson 1990).

As formigas cortadeiras podem influenciar desde populações até o ecossistema como um todo. Seu ataque pode diminuir o sucesso reprodutivo das plantas individuais, afetando suas populações e, conseqüentemente, a composição de espécies e a estrutura da comunidade (Howard 1987). Elas também podem criar clareiras nas imediações dos ninhos (Garrettson *et al.* 1998) e retardar a regeneração da floresta cortando plântulas de espécies pioneiras (Vasconcelos & Cherrett 1997). Adicionalmente, causam mudanças na ciclagem de nutrientes através do enriquecimento do solo com as lixeiras das colônias e da transferência de nutrientes para camadas mais superficiais durante a construção e relocação dos ninhos, modificando o ecossistema (Haines 1975, Farji-Brener & Silva 1995, Vasconcelos 1999).

Apesar de prejudiciais à vegetação, estudos de campo têm demonstrado benefícios das formigas cortadeiras sobre a biologia de sementes de plantas superiores (*e.g.*, Darlling & Wirth 1997, Leal & Oliveira 1998, Pizo & Oliveira 1998). Elas atuam como agentes dispersores secundários de plantas dispersas por vertebrados, rearranjando a distribuição das sementes e influenciando o sucesso reprodutivo das plantas e a estrutura espacial das populações (Kaspari 1993). Além disso, as sementes são depositadas em sítios favoráveis a germinação, como formigueiros e serrapilheira (Leal

2003) e a retirada da polpa dos frutos diminui o ataque de fungos às sementes (Leal & Oliveira 1998, Pizo & Oliveira 1998).

Seletividade das formigas cortadeiras

As formigas cortadeiras são conhecidas por sua capacidade de usar uma grande variedade de plantas (North *et al.* 1997). Por isso, estão entre os insetos mais polípagos conhecidos (Howard 1987). Entretanto, estas formigas podem apresentar marcada preferência por certas espécies (Cherrett 1968), a qual esta relacionada com defesas químicas e mecânicas das plantas (Howard 1987).

Da mesma forma, embora as formigas cortadeiras colem grande variedade de material vegetal, muitos autores sugerem que há uma seleção das partes de plantas cortadas (Cherrett 1972, Sugayama & Salatino 1997, Vasconcelos & Cherrett 1997). As partes de plantas cortadas podem variar com o ambiente em que se encontram os ninhos das formigas (Farji-Brener 2001) e com a sazonalidade (Howard 1987). Por exemplo, já foi registrada distinção até mesmo entre folhas novas e velhas, de sol e sombra e entre diferentes ramos da planta (Rockwood & Hubbell 1987).

Estudos de campo relatam que a seletividade das formigas está relacionada com propriedades físicas das folhas como: (1) Presença e densidade de tricomas, (2) espessura e (3) dureza, sendo estes dois últimos função do conteúdo de água (Hubbell *et al.* 1984, Howard 1987). Além disso, propriedades químicas como: (1) palatabilidade e qualidade nutricional, (2) presença ou ausência de látex, (3) compostos químicos secundários tóxicos ou repelentes e (4) substâncias atrativas presentes nas folhas, também podem influenciar a seletividade das formigas (Hubbell *et al.* 1984, Howard 1987). Os compostos secundários têm um importante papel na defesa das plantas contra herbívoros (Hebling *et al.* 2000), e compostos como terpenóides e taninos influenciam

fortemente o comportamento das formigas cortadeiras, sendo estes evitados (Howard *et al.* 1989, Sugayama & Salatino 1997).

Outras evidências experimentais sugerem que o fungo pode selecionar seu substrato controlando o comportamento de forrageamento das formigas, sendo este mediado por mecanismos químicos (North *et al.* 1997). Assim, as formigas evitam cortar plantas que contenham agentes tóxicos antifúngicos que prejudiquem o fungo que elas se alimentam, mesmo que não sejam tóxicas para elas (Hubbell *et al.* 1984, Sugayama & Salatino 1997).

Fatores climáticos e fenológicos também podem afetar a coleta do material vegetal pelas formigas cortadeiras (Wirth *et al.* 1997, 2003). Na estação chuvosa há uma diminuição na quantidade total de material vegetal coletado devido a interrupções no forrageamento por eventos de chuva. Na estação seca os eventos de chuva são reduzidos e as formigas cortadeiras estão ativas por um período maior coletando maior quantidade de vegetação (Wirth *et al.* 1997, 2003).

Wirth *et al.* (1997) relataram que as folhas são preferencialmente coletadas na estação chuvosa, enquanto há uma mudança na coleta para flores e frutos na estação seca. A entrada de flores e frutos na estação seca está diretamente relacionada com as características fenológicas da maioria das espécies de plantas coletadas pelas saúvas, pois é nesta estação que a maioria das árvores estão em período reprodutivo.

Influência da fragmentação na seletividade das formigas cortadeiras

A qualidade do habitat influencia o tamanho da população de formigas cortadeiras, onde habitats mais alterados apresentam maiores populações (Sales 1994, observação pessoal). Segundo Farji-Brener (2001), a densidade de ninhos de *Atta* spp. na Amazônia é 30 vezes maior em florestas em início de sucessão, do que em florestas

maduras. Isso se deve ao fato de que as saúvas preferem utilizar plantas pioneiras, as quais apresentam poucas defesas físicas e químicas (Coley & Barone 1996).

Portanto, em áreas perturbadas onde há altas proporções de espécies pioneiras (Laurance *et al.* 1998), deverá existir maior quantidade de recursos disponíveis para as formigas, possibilitando o aumento nas populações. Essa maior quantidade de alimento disponível pode ser considerado como um controle “bottom-up” (*i.e.* os organismos de um nível trófico são limitados principalmente pela disponibilidade de recursos do nível trófico inferior como luz, nutrientes e produtividade) menos intenso em áreas perturbadas.

Assim, a hipótese base do trabalho é que as colônias de saúvas localizadas em fragmentos e borda de floresta utilizam uma menor riqueza e diversidade de espécies vegetais como substrato do fungo simbionte que colônias localizadas em área central de floresta contínua.

Literatura citada

- AIZEN, M. A. & FEINSINGER, P. 1994. Forest fragmentation, Pollination, and plant reproduction in a chaco dry forest, Argentina. *Ecology* 75: 330-351.
- BIERREGAARD, R. O. J., GASCON, C., LOVEJOY, T. E. & MESQUITA, R. C. G. 2001. *Lessons from Amazonia*. Yale University Press, USA.
- CHERRET, J. M. 1968. The foraging behaviour of *Atta cephalotes* L. (Hymenoptera, Formicidae). *Journal of Animal Ecology* 37: 387-403.
- CHERRET, J. M. 1972. Some factors involved in the selection of vegetable substrate by *Atta cephalotes* (L.) (Hymenoptera: Formicidae) in tropical rain forest. *Journal of Animal Ecology* 19: 647-660.

- COLEY, P. D. & BARONE, J. A. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematic* 27: 305-335.
- DARLLING, J. W. & WIRTH, R. 1997. Dispersal of *Miconia argentea* seeds by leaf-cutting ant *Atta colombica*. *Journal of Tropical Ecology* 14: 705-710.
- FARJI-BRENER, A. G. 2001. Why are leaf-cutting ants more common in early secondary forests than in old-growth tropical forests? An evaluation of the palatable forage hypothesis. *Oikos* 92: 169-177.
- FARJI-BRENER, A. G. & SILVA, J. F. 1995. Leaf-cutting ants and Forest groves in a tropical parkland savanna of Venezuela: facilitated succession? *Journal of Tropical Ecology* 11: 651-669.
- FERREIRA, L. V. & LAURANCE, W. F. 1997. Effects of Forest fragmentation on mortality and damage of selected trees in central Amazônia. *Conservation Biology* 11: 797-801.
- FORTI, L. C., SILVEIRA NETO, S. & PEREIRA-DA-SILVA, V. 1983. Dois métodos de avaliação de densidade populacional para operárias forrageiras de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 12: 195-211.
- FOWLER, H. G. & CLAVE, S. 1991. Leaf-cutter ant assemblies: effects of latitude, vegetation and behaviour. In: Huxley, C. R. & Cutler, D. F. (eds.). *Ant-Plant Interaction*. Oxford University Press, Oxford.
- GANADE, G. 2001 Forest restoration in abandoned pastures of central Amazonia. Pp. 313-322 in Bierregaard, R. O. J., Gascon, C., Lovejoy, T. E. & Mesquita, R. C. G. (eds.). *Lessons from Amazonia*. Yale University Press, USA.
- GARRETTSON, M., STETZEL, J. F., HALPERN, B. S., LUCEY, B. T. & MCKONE, M. J. 1998. Diversity and abundance of understory plants on active and abandoned

- nests of leaf-cutting ants (*Atta cephalotes*) in a costa rican rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 14: 17-26.
- HAINES, B. 1975. Impact of leaf-cutting ants on vegetation development at Barro Colorado island. Pp. 99-111 in Golley, F. G. & Medina, E. *Tropical Ecological Systems*. Press.
- HEBLING, M. J. A., BUENO, O. C., MAROTI, P. S., PAGNOCCA, F. C. & DA SILVA, O. A. 2000. Effects of leaves of *Ipomea batatas* (Convolvulaceae) on nest development and on respiratory metabolism of leaf-cutting ants *Atta sexdens* L. (Hym., Formicidae). *Journal of Applied Entomology* 124: 249-252.
- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E. O. 1990. *The ants*. Harvard University Press, Cambridge.
- HOWARD, J. J. 1987. Leafcutting ant diet selection: the role of nutrients, water and secondary chemistry. *Ecology* 68: 503-515.
- HOWARD, J. J., GRENN, T. P. & WIEMER, D. F. 1989. Comparative deterrence of two terpenoids to two genera of attini ants. *Journal of Chemical Ecology* 15: 2279-2288.
- HUBBELL, S. P., HOWARD, J. J. & WIEMER, D. F. 1984. Chemical repellency to an attini ant: seasonal distribution among potential host plant species. *Ecology* 65: 1067- 1076.
- JOHNSON, S. D., COLLIN, C. L., WISSMAN, H. J., HALVARSSON, E. & AGREN, J. 2004. Factors contributing to variation in seed production among remnant populations of the endangered daisy *Gerbera aurantiaga*. *Biotropica* 36: 148-155.
- KASPARI, M. 1993. Removal of seeds from neotropical frugivore droppings: ants responses to seed number. *Oecologia* 95: 81-88.

- LAURANCE, W. F. 1997. Hyper-disturbed parks: edge effects and the ecology of isolated rainforest reserves in tropical Australia. Pp. 71-83 in Laurance, W. F. & Bierregaard, R. O. Jr. (eds.). *Tropical forest remnants: Ecology, management, and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press, Chicago.
- LAURANCE, W. F., FERREIRA, L. V., RANKIN-DE-MERONA, J. M., LAURANCE, S. G., HUTCHINGS, R. & LOVEJOY, T. 1998. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. *Conservation Biology* 12: 460-464.
- LAURANCE, W. F., PÉREZ-SALICRUP, D., DELAMÔNICA, P., FEARNSIDE, P. M., D'ANGELO, S., JEROZOLINSKI, A., POHL, L. & LOVEJOY, T. M. 2001. Rain forest fragmentation and the structure of Amazonian liana communities. *Ecology* 82: 105-116.
- 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*. Editora Universitária da UFPE, Recife, PE.
- LEAL, I. R. & OLIVEIRA, P. S. 1998. Interactions between fungus-growing ants (Attini), fruits and seeds in cerrado vegetation of southeast of Brazil. *Biotropica* 30: 170-178.
- MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: application for conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 10: 58-62.
- NORTH, R. D., JACKSON, C. W. & HOWSE, P. E. 1997. Evolutionary aspects of ant-fungus interactions in leaf-cutting ants. *Trends in Ecology & Evolution* 12: 386-389.

- PIZZO, M. A. & OLIVEIRA, P. S. 1998. Interactions 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.
- ROCKWOOD, L. L. & HUBBELL, S. P. 1987. Host-plant selection, diet diversity, and optimal foraging in a tropical leafcutting ant. *Oecologia* 74: 55-61.
- SALES, F. J. M. 1994. Assessment of the behaviour patterns of the lemon leaf-cutting ant, *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae), to natural sources of allelochemicals. *Bulletin of Entomological Research* 84: 91-96.
- SCHULTZ, T. R. & MEIER, R. 1995. A phylogenetic analysis of the fungus-growing ants (Hymenoptera: Formicidae: Attini) based on morphological characters of the larvae. *Systematic Entomology* 20: 337-370.
- 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.
- SUGAYAMA, R. L. & SALATINO, A. 1997. Influence of rutin and quercetin on substrate selection by the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*. *Revista Brasileira de Biologia* 57: 121-125.
- TURNER, I. M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* 33: 200-209.
- VASCONCELOS, H. L. 1988. Distribution of *Atta* (Hymenoptera-Formicidae) in "terra firme" rain forest of Central Amazonia: density, species composition and preliminary results on effects of forest fragmentation. *Acta Amazonica* 18: 309-315.
- VASCONCELOS, H. L. 1999. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in central Amazonia. *Biodiversity and Conservation* 8: 409-420.

- VASCONCELOS, H. L. & CHERRETT, J. M. 1997. Leaf-cutting ants and early forest regeneration in Central Amazonia: effects of herbivory on tree seedlings establishment. *Journal of Tropical Ecology* 13: 357-370.
- WIRTH, R., BEYSCHLAG, W., RYEL, R. J. & HÖLLDOBLER, B. 1997. Annual foraging of the leaf-cutting ant *Atta colombica* in a semideciduous rain forest in Panama. *Journal of Tropical Ecology* 13: 741-757.
- WIRTH, R., HERZ, H., RYEL, R. J., BEYSCHLAG, W. & HÖLLDOBLER, B. 2003. *Herbivory of leaf-cutting ants. A case study on Atta colombica in the tropical rain forest of Panama*. Ecological Studies 164, Springer Verlag, Berlin.
- WHITMORE, T. C. 1997. Tropical forest disturbance, disappearance, and species loss. Pp. 3-12 in Laurance, W. F. & Bierregard, R. O. Jr. (eds.). *Tropical Forest Remnants: Ecology, management, and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press, Chicago.

Manuscrito a ser enviado a revista *Journal of Tropical Ecology*

Efeito da fragmentação florestal na diversidade de plantas cortadas pela formiga cortadeira *Atta cephalotes*

Poliana Figueroa Falcão¹, Rainer Wirth² & Inara R. Leal¹

¹Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE. 50670-901. Brazil

²Abteilung Allgemeine Botanik, Universität Kaiserslautern, Postfach 3049, 67653 Kaiserslautern, Germany

Palavras-chave: *Atta cephalotes*, Attini, dieta, floresta Atlântica, fragmentação, herbivoria.

RESUMO

Este estudo testou a hipótese que a riqueza e a diversidade de material vegetal coletado por colônias das formigas cortadeiras *Atta cephalotes* são menores em áreas perturbadas como bordas de floresta e fragmentos devido a maior proporção de espécies pioneiras nessas áreas. O trabalho foi realizado em uma área de floresta Atlântica, no nordeste do Brasil (8° 30'S; 35° 50'W). Quinze colônias de *Atta cephalotes* foram acompanhadas por um ano. A carga vegetal trazida pelas formigas foi coletada e separada em: folhas, flores, frutos e outros. Das 483 morfoespécies vegetais coletadas pelas colônias de *Atta cephalotes* foram identificadas 93 espécies, pertencentes a 44 famílias e 66 gêneros. As colônias coletaram principalmente folhas de espécies com hábito arbóreo e estratégia de regeneração pioneira. Entretanto, os resultados não corroboram essa hipótese, não havendo diferença na riqueza e diversidade de espécies vegetais coletadas pelas colônias de interior, borda e fragmento, apesar de em alguns meses as colônias coletarem maior proporção de poucas espécies nesses dois últimos habitats. Esse resultado foi devido a maior área de forrageamento das colônias localizadas no interior da floresta, o que compensaria a menor proporção de espécies pioneiras nesse habitat.

ABSTRACT

In this study we test the hypothesis that diversity of the plant material collected by colonies of the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* is smaller in disturbed areas such as forest borders and small fragments due to the higher proportion of pioneer species present in these areas when compared with the interior of the forest. The study took place at an Atlantic Rainforest area in northeastern Brazil (8° 30'S; 35° 50'W). Fifteen colonies of *Atta cephalotes* were observed bi-monthly during a one-year period. The material transported by the ants was collected during 1-min interval in each active foraging trail during the peak activity of colonies with a vacuum cleaner. In the laboratory the material was classified as: leaves, flowers, fruits and others. Among 483 plant morphospecies collected by the colonies of *Atta cephalotes*, 93 were identified as belonging to 44 families and 66 genera. The colonies collected mainly leaves of arboreal pioneer plant species. Nevertheless the results did not support the hypothesis, showing no significant difference of diversity among the plant species collected by colonies located in the interior, border and fragment, although the latter two colonies did collect a greater number of fragments of few pioneer species during a few months. We believe that these results were due to a greater foraging area of colonies located in the interior of the forest, which would compensate the reduced pioneer species proportion in this undisturbed habitat.

INTRODUÇÃO

O processo de fragmentação florestal nos trópicos tem se intensificado nos últimos anos (Turner 1996). O desflorestamento tem como conseqüências básicas: (1) redução e isolamento dos habitats e (2) aumento na razão borda/interior de florestas, resultando em modificações no entorno das áreas florestadas conhecidas como efeito de borda (Laurance 1997).

Fatores como tamanho, forma e grau de isolamento dos remanescentes podem influenciar diretamente a biodiversidade do fragmento (Turner 1996). Isso pode ser devido à mudança ou perda de habitats decorrentes do processo de fragmentação acarretando redução na área de vida e quantidade de alimento das espécies, diminuindo a diversidade biológica dos remanescentes (Turner 1996, Parker & Nally 2002). Processos ecológicos importantes como a polinização é bastante afetada pela fragmentação através da redução na abundância e riqueza de polinizadores (Aizen & Feinsinger 1994, Johnson *et al.* 2004). A dispersão de muitas espécies vegetais também é afetada porque muitas plantas são altamente dependentes da eficiência de seus agentes dispersores para migrarem para novos locais (Ganade 2001). Além disso, a criação repentina de uma borda altera fatores abióticos como aumento na incidência de luz, temperatura, turbulência e diminuição da umidade relativa. Essas mudanças causam mortalidade das espécies tolerantes à sombra, com conseqüente aumento no recrutamento de espécies pioneiras e lianas (Laurance *et al.* 1998).

A tribo Attini é composta por 12 gêneros e 210 espécies de formigas (Schultz & Meier 1995) exclusivamente neotropicais (Vasconcelos 1988), que mantém um mutualismo obrigatório com fungos cultivados no interior de seus ninhos (Hölldobler & Wilson 1990). Os fungos são cultivados com material vegetal e são a única fonte de alimento das larvas e reprodutivos e parte principal da dieta das operárias (Hölldobler & Wilson 1990). As

formigas cortadeiras são conhecidas pela sua capacidade de utilizar uma grande variedade de espécies vegetais (North *et al.* 1997). No entanto, elas podem apresentar preferência por algumas espécies (Cherrett 1968), sendo esta relacionada com defesas químicas e mecânicas das plantas (Howard 1987).

As populações de formigas cortadeiras são influenciadas pela qualidade do habitat, onde habitats mais alterados apresentam maiores densidades populacionais (Sales 1994, observação pessoal). Isso se dá por causa de sua preferência por plantas pioneiras (Farji-Brener 2001), as quais normalmente apresentam menos defesas químicas e físicas contra herbívoros (Coley & Barone 1996). Portanto, áreas como bordas de floresta e pequenos fragmentos constituem habitats com maior quantidade de recursos para as formigas cortadeiras e, assim, permitem maiores populações (Urbas *et al.* 2003, Wirth *et al.* 2003b). Essa maior disponibilidade de recursos pode ser considerada como um controle “bottom-up” (*i.e.*, quando os organismos de um nível trófico são limitados principalmente pela disponibilidade de recursos do nível trófico inferior como luz, nutrientes e produtividade) menos intenso em áreas perturbadas.

Assim, a hipótese base deste trabalho é que as colônias de formigas cortadeiras localizadas em bordas de floresta e fragmentos utilizam uma menor riqueza e diversidade de espécies vegetais como substrato do fungo simbionte que colônias localizadas em área central de floresta contínua.

ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado em uma área de floresta Atlântica pertencente à Usina Serra Grande, localizada nos municípios de Ibataguara e São José da Laje, Alagoas (8° 30’S; 35° 50’W; Figura 1). A Usina possui cerca de 9000 ha de floresta, distribuídos em fragmentos

de diferentes tamanhos, todos circundados por lavoura de cana-de-açúcar. A formação florestal pode ser classificada como Floresta Ombrófila Aberta Baixo-Montana, com árvores emergentes de até 35 m de altura e dossel aberto com presença de muitas palmeiras (Veloso *et al.* 1991). O clima é tropical quente e úmido, com temperatura média anual de 26°C e precipitação média anual de 1700 mm (IBGE 1985). Os solos mais comuns são cambissolos eutróficos e planossolos solódicos (IBGE 1985).

MÉTODOS

Seleção dos fragmentos e das colônias

A fim de testar se a diversidade do material vegetal coletado pelas formigas é influenciada pelo efeito de borda, foram selecionadas cinco colônias na borda (localizadas nos primeiros 100m cf. Laurance *et al.* 1998) e cinco no interior do fragmento conhecido como Coimbra, com aproximadamente 3000 ha, que foi utilizado como área controle deste estudo por se tratar do maior fragmento de floresta Atlântica localizado ao norte do rio São Francisco. Para testar a influência da redução e isolamento da área, outras cinco colônias foram selecionadas no fragmento Aquidabã, com cerca de 300 ha, 10% da área controle.

Pico de atividade

Para conhecer o pico de atividade das saúvas ao longo do dia, foram monitoradas oito colônias durante o período de 24h. Em intervalos de 5min a cada 2h, foram contados, em um ponto fixo, o número de formigas entrando no ninho carregando fragmentos vegetais. Este método foi repetido para todas as entradas ativas do ninho e em todas as oito colônias selecionadas. Após identificação do pico de atividade todas as demais observações foram feitas neste período.

Espécies vegetais coletadas pelas colônias

A fim de verificar quais espécies vegetais foram utilizadas pelas formigas, toda carga trazida foi coletada durante 5min, em um ponto fixo, com auxílio de um aspirador portátil. Após a aspiração, o coletor do aspirador foi agitado para que as formigas soltassem os fragmentos e, em seguida, aberto para que as mesmas saíssem. Os fragmentos vegetais coletados em cada colônia foram acondicionados em sacos plásticos, levados à base de estudo, onde foram separados nas categorias: folhas, flores, frutos e outros e secos em estufa.

Para identificação das espécies de plantas coletadas pelas formigas cortadeiras, foram utilizadas as espécies herborizadas e identificadas provenientes da área de estudo (cf. Oliveira 2003). A identificação foi feita através da comparação sob microscópio estereoscópico das características físicas das exsicatas com os fragmentos coletados, como cor, pilosidade, presença ou ausência de glândulas e padrão de venação (cf Wirth *et al.* 1997). A classificação do material foi feita até níveis taxonômicos mais baixos possíveis. Além disso, as espécies foram classificadas segundo estratégia de regeneração e hábito (*e. g.* Gentry 1996, Turner 2001, Oliveira 2003).

Variação sazonal na coleta das espécies vegetais

Para investigar se existe variação sazonal na coleta das espécies vegetais ao longo do ano, os métodos anteriores foram aplicados para as mesmas colônias nas estações seca e chuvosa, sendo repetidos a cada dois meses iniciando em julho de 2002 e terminando em maio de 2003.

Análise estatística

O número de espécies vegetais coletadas pelas colônias nos três habitats (borda, interior e fragmento) e nas duas estações (seca e chuvosa) foi comparado através de análise de variância de dois fatores seguido do teste Tuckey *a posteriori* (cf. Zar 1996). As diferentes partes vegetais coletadas pelas colônias e os diferentes hábitos e estratégias de regeneração das espécies coletadas identificadas nos três habitats foram comparadas com teste de qui-quadrado (cf. Zar 1996). A diversidade de material vegetal coletado pelas colônias nos três habitats foi medida com o inverso do índice de Simpson (Krebs 1989). Os valores do inverso do índice de Simpson foram comparados entre habitats através de análise de variância de um fator seguida do teste de Tuckey *a posteriori*. A normalidade dos dados foi testada com Kolmogorov-Smirnov (Lilliefors).

RESULTADOS

Os ciclos de 24 horas (Figura 2) indicaram dois picos de atividade principais: um durante a noite, entre 22:00 e 04:00 horas (Fig. 2A, C, E e G), e outro durante o meio da manhã, entre 10:00 e 14:00 horas (Fig. 2B, D, F e H). Em três dos quatro dias em que o pico de atividade ficou no meio do dia, choveu durante a noite. Visitas noturnas adicionais ao campo, confirmaram o pico de atividade predominantemente noturno das colônias de Serra Grande.

As 15 colônias de *Atta cephalotes* monitoradas coletaram partes de 483 morfoespécies vegetais. O número de morfoespécies coletadas não foi diferente entre os habitats (Anova; $F = 0,653$; $p = 0,523$), porém, foi entre as estações (Anova; $F = 18,860$; $p < 0,000$; Figura 3). Na estação seca houve maior riqueza de morfoespécies que na chuvosa (Tabela 1). A interação entre habitats e estações também não foi significativa

(Anova; $F = 0,007$; $p = 0,993$). Apesar de em alguns meses as colônias coletarem maior proporção de poucas espécies, a diversidade de material vegetal coletado também não foi diferente entre os habitats (Anova; $F = 0,297$; $p = 0,743$), porém foi entre as estações (Anova; $F = 9,311$; $p = 0,003$; Figura 4), ocorrendo maior diversidade de espécies na estação seca (Tabela 2). A interação entre habitats e estações também não foi significativa (Anova; $F = 0,464$; $p = 0,630$).

Embora todas as colônias tenham coletado principalmente folhas, seguido de flores, outros materiais e frutos, houve diferença significativa na proporção destas partes tanto entre os habitats ($\chi^2 = 350,01$; $GL = 6$; $p < 0,000$), quanto entre as estações ($\chi^2 = 703,89$; $GL = 3$; $p < 0,000$; Figura 5). As folhas foram a principal parte de planta utilizada tanto nos habitats quanto nas estações. Partes florais foram utilizadas principalmente na estação seca e frutos na estação chuvosa. As partes florais utilizadas pelas colônias e identificadas pertencem às espécies: *Symphonia globulifera* (Clusiaceae), *Vochysia oblongifolia* (Vochysiaceae), *Ceiba glaziovii* (Bombacaceae), Crucifera sp.1 e Lecythidaceae sp.1.

Das 483 morfoespécies vegetais coletadas pelas colônias de *Atta cephalotes* foram identificadas 93 espécies, pertencentes a 44 famílias e 66 gêneros. (Tabela 3). As famílias mais bem representadas foram: Melastomataceae e Rubiaceae, com oito espécies cada, seguidas por Euphorbiaceae, com sete, Clusiaceae, com cinco e Lecythidaceae, Malpighiaceae, Mimosaceae e Moraceae, com quatro cada. As espécies mais abundantes e freqüentes coletadas pelas formigas foram: *Croton floribundus* e *Hyeronima alchornioides* (Euphorbiaceae), *Miconia hypoleuca* (Melastomataceae), *Schefflera morototoni* (Araliaceae), *Inga thibaudiana* (Mimosaceae) e *Vochysia oblongifolia* (Vochysiaceae).

Com exceção de *Philodendron* sp. (Araceae), *Eichornia* sp. (Pontederiaceae) e *Blechnum* sp. (Pteridophyta), todas as demais espécies identificadas são dicotiledôneas.

A estratégia de regeneração pôde ser determinada em 81 espécies, sendo 70% com estratégia pioneira e 30% tolerante à sombra, sendo esta diferença significativa ($\chi^2 = 6,99$; GL = 1; $p = 0,008$). Porém, não houve diferença significativa dessas proporções entre os habitats ($\chi^2 = 2,07$; GL = 2; $p > 0,05$; Figura 6). Das 86 espécies que tiveram seu hábito determinado, 63% consistiu de espécies arbóreas, 18% de arbustivas, 12% de herbáceas e 7% de trepadeiras, sendo estas diferenças significativas ($\chi^2 = 24,943$; GL = 3; $p < 0,000$). Por outro lado, também não houve diferença significativa dessas proporções entre os habitats ($\chi^2 = 2,51$; GL = 6; $p > 0,05$; Figura 7).

Das 92 espécies de plantas coletadas pelas colônias de *Atta cephalotes* e identificadas, 21 foram exclusivas da borda, 14 do interior e 15 do fragmento (Tabela 3).

DISCUSSÃO

Este estudo testou a hipótese que a riqueza e a diversidade de material vegetal coletado por colônias das formigas cortadeiras *Atta cephalotes* são menores em áreas perturbadas como bordas de floresta e fragmentos devido a maior proporção de espécies pioneiras nessas áreas. Os resultados não corroboram essa hipótese, não havendo diferença na riqueza e diversidade de espécies vegetais coletadas pelas colônias de interior, borda e fragmento, apesar de em alguns meses as colônias coletarem maior proporção de poucas espécies nesses dois últimos habitats.

Isso pode ser resultado de quatro fatores: (1) à distância para o efeito de borda estipulada para o estudo (100m) é pequena, e algumas colônias classificadas como de

interior estavam localizadas em áreas com alta proporção de pioneiras, (2) algumas colônias muito distantes da borda estavam localizadas em clareiras naturais e, assim, também apresentaram áreas de forrageamento com espécies pioneiras, e (3) as colônias localizadas no interior apresentaram maiores áreas de forrageamento, compensando a menor proporção de espécies pioneiras nesses habitats. Adicionalmente, como uma fração grande das espécies coletadas ainda não foi identificada, é possível que os resultados apresentem diferentes padrões após a identificação.

Por outro lado, os resultados mostram diferenças sazonais na dieta das formigas cortadeiras, com maior riqueza e diversidade de material vegetal coletado na estação seca. É possível que a diminuição na coleta durante a estação chuvosa seja consequência dos eventos de chuva e da maior quantidade de compostos químicos presentes nas folhas. Wirth *et al.* (1997) mostraram que eventos de chuva diminuem, e às vezes até cessam, a atividade de *Atta colombica* no Panamá. Adicionalmente, Howard (1987) relatou que a sazonalidade na coleta pelas formigas, pode ser resultado da quantidade de compostos químicos presentes nas folhas. Similarmente, Barnola *et al.* (1997) encontraram variação sazonal na coleta de *Pinus caribaea* em savanas da Venezuela por colônias de *Atta laevigata* em resposta a diferentes concentrações de compostos químicos.

O material vegetal coletado pelas colônias de *Atta cephalotes* não consistiu exclusivamente de folhas, mas contiveram também uma fração de flores, especialmente na estação seca. A maior utilização de flores na estação seca coincide com o período reprodutivo da maioria das espécies de Serra Grande (Oliveira 2003, observação pessoal). Este comportamento pode aumentar a relação custo-benefício do forrageamento das colônias, já que flores têm maior conteúdo de água e energia (Dixon 1966) e menor quantidade de compostos secundários do que folhas (Feeny 1970), consistindo recurso de

maior qualidade para cultivo do fungo. Além disso, as flores foram coletadas no chão da floresta diminuindo ainda mais o gasto de energia que é necessário para subir em árvores e cortar folhas, concordando com a teoria do forrageamento ótimo (Pyke *et al.* 1977).

As colônias de *Atta cephalotes* de Serra Grande coletaram maior proporção de espécies pioneiras. Segundo Wirth *et al.* (2003a) as formigas cortadeiras coletam maior quantidade de substrato vegetal proveniente de espécies pioneiras do que de espécies tolerantes à sombra. Uma série de propriedades das plantas pioneiras já foram apontadas como responsáveis por essa preferência como: (1) maior qualidade nutricional apresentando mais água e proteína, (2) menor quantidade de defesas químicas como terpenóides e taninos e (3) menor quantidade de defesas físicas como tricomas, fibras e dureza (*e.g.* Hubbel *et al.* 1984, Howard 1987).

Farji-Brener (2001) mostrou que a representação de espécies pioneiras na dieta das formigas cortadeiras está relacionada com sua palatabilidade e não com sua abundância na área da colônia. Assim a maior quantidade de pioneiras na coleta das formigas é uma consequência da procura por espécies palatáveis e não uma resposta à abundância dessas espécies. Por isso foram registradas maiores áreas de forrageamento das colônias no interior da floresta que na borda e no fragmento (Urbas *et al.* 2003, comunicação pessoal). As formigas cortadeiras chegaram a alcançar 224m de distância para colônias localizadas no interior (Urbas *et al.* 2003). Além disso, a maior utilização de espécies pioneiras está relacionada com menos gasto de energia na coleta, pois, se existe grande quantidade de pioneiras na área de forrageamento da colônia, o gasto de energia com a procura por material vegetal é menor (Farji-Brener 2001).

A preferência por espécies arbóreas é conhecida para muitas espécies de *Atta* (Blanton & Ewel 1985). As colônias de Serra Grande coletaram principalmente espécies

arbóreas. Por exemplo, Wirth *et al.* (2003a), mostraram que *Atta colombica* apresentam forte preferência por coletarem indivíduos maduros e grandes, com dossel e troncos volumosos (com dap>20cm). Similarmente, Cherrett (1968), encontrou que *Atta cephalotes* aloca a maioria do seu esforço de forrageamento em espécies de dossel em florestas na Guiana. Isso deve ocorrer porque árvores são recursos mais aparentes e duradouros do que herbáceas e lianas.

Os resultados desse estudo indicam que não há diferença na riqueza e na diversidade de material vegetal coletado pelas colônias de *Atta cephalotes* localizadas no interior e borda da área controle, bem como no fragmento, não corroborando a hipótese básica do trabalho. Isso se deve, provavelmente, às maiores áreas de forrageamento das colônias localizadas no interior, o que compensaria a menor proporção de espécies pioneiras nessas áreas. Porém, alguns padrões foram observados, como a preferência por espécies arbóreas e pioneiras já que estes recursos são mais duradouros e apresentam maior qualidade nutricional e menos defesas químicas e físicas.

AGRADECIMENTOS

Nós agradecemos à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal em Ensino Superior, à Fundação de Pesquisa Alemã e ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico, pelo auxílio financeiro para a realização desta pesquisa e pela bolsa concedida à P.F.Falcão. À Conservation International, ao Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste e à Usina Serra Grande, pelo apoio logístico durante o trabalho de campo.

LITERATURA CITADA

- AIZEN, M. A. & FEINSINGER, P. 1994. Forest fragmentation, Pollination, and plant reproduction in a chaco dry forest, Argentina. *Ecology* 75: 330-351.
- BARNOLA, L. F., CEDENÑO, A. & HASEGAWA, M. 1997. Intraindividual variations of volatile contents in *Pinus caribaea* needles and its possible relationship to *Atta laevigata* herbivory. *Biochemical Systematics and Ecology* 25: 707-716.
- BLATON, C. M. & EWEL, J. J. 1985. Leaf-cutting ant herbivory in successional and agricultural tropical ecosystems. *Ecology* 66: 861-869.
- CHERRET, J. M. 1968. The foraging behaviour of *Atta cephalotes* L. (Hymenoptera, Formicidae). *Journal of Animal Ecology* 37: 387-403.
- COLEY, P. D. & BARONE, J. A. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematic* 27: 305-335.
- DIXON, A. F. G. 1966. The effect of population density and nutritive status of the host plant on the summer reproductive activity of the sycamore aphid *Drepanosiphum plantanoides* (Schr.). *Journal of Animal Ecology* 35: 105-112.
- FARJI-BRENER, A. G. 2001. Why are leaf-cutting ants more common in early secondary forests than in old-growth tropical forests? An evaluation of the palatable forage hypothesis. *Oikos* 92: 169-177.
- FEENY, P. 1970. Seasonal changes of oak leaf tannins and nutrients as a cause of spring feeding by winter months caterpillars. *Ecology* 51: 269-581.
- GANADE, G. 2001 Forest restoration in abandoned pastures of central Amazonia. Pp. 313-322 in Bierregaard, R. O. J., Gascon, C., Lovejoy, T. E. & Mesquita, R. C. G. (eds.). *Lessons from Amazonia*. Yale University Press, USA.

- GENTRY, A. H. 1996. A field guide to the families and genera of woody plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru). London & Chicago, University of Chicago Press.
- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E. O. 1990. *The ants*. Harvard University Press, Cambridge.
- HOWARD, J. J. 1987. Leafcutting ant diet selection: the role of nutrients, water and secondary chemistry. *Ecology* 68: 503-515.
- HUBBELL, S. P., HOWARD, J. J. & WIEMER, D. F. 1984. Chemical repellency to an attini ant: seasonal distribution among potential host plant species. *Ecology* 65: 1067-1076.
- IBGE. 1985. *Atlas Nacional do Brasil: região Nordeste*. Rio de Janeiro.
- JOHNSON, S. D., COLLIN, C. L., WISSMAN, H. J., HALVARSSON, E. & AGREN, J. 2004. Factors contributing to variation in seed production among remnant populations of the endangered daisy *Gerbera aurantiaga*. *Biotropica* 36: 148-155.
- KREBS, C. J. 1989. *Ecological methodology*. Harper & Row. Publishers, New York.
- LAURANCE, W. F. 1997. Hyper-disturbed parks: edge effects and the ecology of isolated rainforest reserves in tropical Australia. Pp. 71-83 in Laurance, W. F. & Bierregaard, R. O. Jr. (eds.). *Tropical forest remnants: Ecology, management, and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press, Chicago.
- LAURANCE, W. F., FERREIRA, L. V., RANKIN-DE-MERONA, J. M., LAURANCE, S. G., HUTCHINGS, R. & LOVEJOY, T. 1998. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. *Conservation Biology* 12: 460-464.

- NORTH, R. D., JACKSON, C. W. & HOWSE, P. E. 1997. Evolutionary aspects of ant-fungus interactions in leaf-cutting ants. *Trends in Ecology & Evolution* 12: 386-389.
- OLIVEIRA, M. A. 2003. *Efeito da fragmentação de habitat sobre as árvores em trecho de floresta Atlântica nordestino*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- PARKER, M. & NALLY, R. M. 2002. Habitat loss and the habitat fragmentation threshold: an experimental evaluation of impacts on richness and total abundances using grassland invertebrates. *Biological Conservation* 105: 217-229.
- PYKE, G. H., PULLIAM, H. R. & CHARNOV, E. L. 1977. Optimal foraging: a selective review of theory and tests. *Quarterly Review of Biology* 52: 137-154.
- SALES, F. J. M. 1994. Assessment of the behaviour patterns of the lemon leaf-cutting ant, *Atta sexdens rubripilosa* (Hymenoptera: Formicidae), to natural sources of allelochemicals. *Bulletin of Entomological Research* 84: 91-96.
- SCHULTZ, T. R. & MEIER, R. 1995. A phylogenetic analysis of the fungus-growing ants (Hymenoptera: Formicidae: Attini) based on morphological characters of the larvae. *Systematic Entomology* 20: 337-370.
- TURNER, I. M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* 33: 200-209.
- TURNER, I. M. 2001. *The ecology of trees in the tropical rain forest*. Cambridge University Press.
- URBAS, P., ALMEIDA, W. R., BARBOSA, V., FALCÃO, P. F., KNOECHELMANN, C. M., SILVEIRA, U. A., VIEIRA-JR, M. A., LEAL, I. R. & WIRTH, R. 2003.

- Increase of leaf-cutting ant density through Forest fragmentation: a result of altered trophic structure?* Annual Meeting of Tropical Ecology Society, Rostock, Germany.
- VASCONCELOS, H. L. 1988. Distribution of *Atta* (Hymenoptera – Formicidae) in “Terra-firme” rain forest of Central Amazonia: density, species composition and preliminary results on effects of forest fragmentation. *Acta Amazonica* 18: 309-315.
- VELOSO, H. P., RANGEL-FILHO, A. L. R. & LIMA, J. C. A. 1991. *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. IBGE, Rio de Janeiro.
- WIRTH, R., BEYSCHLAG, W., RYEL, R. J. & HÖLLDOBLER, B. 1997. Annual foraging of the leaf-cutting ant *Atta colombica* in a semideciduous rain forest in Panama. *Journal of Tropical Ecology* 13: 741-757.
- WIRTH, R., HERZ, H., RYEL, R. J., BEYSCHLAG, W. & HÖLLDOBLER, B. 2003a. *Herbivory of leaf-cutting ants. A case study on Atta colombica in the tropical rain forest of Panama*. Ecological Studies 164, Springer Verlag, Berlin.
- WIRTH, R., ALMEIDA, W. R., BARBOSA, V., FALCÃO, P. F., KNOECHELMANN, C. M., SILVEIRA, U. A., URBAS, P., VIEIRA-JR, M. A., & LEAL, I. R. 2003b. *Forest fragmentation process increase density of leaf-cutting ants in the Brazilian Atlantic rain Forest*. Annual Meeting of Tropical Ecology Society, Rostock, Germany.
- ZAR, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Inc., New Jersey.

Tabela 1. Riqueza de morfoespécies coletadas pelas colônias de *Atta cephalotes* nos diferentes habitats nas duas estações (média \pm desvio padrão e N), na Usina Serra Grande, Ibateguara, Alagoas.

	Borda	Interior	Fragmento
Estação seca	16,67 \pm 2,98 (N=3)	16,53 \pm 5,18 (N=3)	18,2 \pm 4,44 (N=3)
Estação chuvosa	11 \pm 2,78 (N=3)	11,5 \pm 6,7 (N=3)	11,8 \pm 5,03 (N=3)
Anova dois fatores	Habitat	F = 0,653; p = 0,523	
	Estação	F = 18,86; p = 0,000	
	Habitat x Estação	F = 0,007; p = 0,993	

Tabela 2. Diversidade de morfoespécies coletadas pelas colônias de *Atta cephalotes* nos diferentes habitats nas duas estações (média \pm desvio padrão), na Usina Serra Grande, Ibateguara, Alagoas.

	Borda	Interior	Fragmento
Estação seca	0,793 \pm 0,56	0,727 \pm 0,102	0,794 \pm 0,043
Estação chuvosa	0,655 \pm 0,153	0,666 \pm 0,114	0,66 \pm 0,155
Anova dois fatores:	Habitat	F = 0,297; p = 0,743	
	Estação	F = 9,311; p = 0,003	
	Habitat x Estação	F = 0,464; p = 0,630	

Tabela 3: Espécies de plantas coletadas pelas colônias de *Atta cephalotes* na Usina Serra Grande, Ibateguara, Alagoas. São apresentadas as estratégias de regeneração, hábito, habitat e onde foram coletadas. Legenda: P = pioneira, T = tolerante à sombra, ar = árvore, ab = arbusto, er = erva e trep = trepadeira.

FAMÍLIA/ESPÉCIES	Regeneração	Hábito	Borda	Interior	Frag.
ANACARDIACEAE					
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	P	ar	X	X	X
<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	P	ar	X	X	X
ANNONACEAE					
<i>Guatteria pogonopsis</i> Mart.	T	ar	X		
<i>Xylopia cf. benthani</i>	T	ar			X
ARACEAE					
<i>Philodendron</i> sp.	P	er		X	
ARALIACEAE					
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerm. & Frodin,	P	ar	X	X	X
ASTERACEAE					
<i>Conocliniopsis prasiifolia</i> (DC.) R. King. & H. Rob.	P	er	X		X
BIGNONIACEAE					
sp.1				X	
BOMBACACEAE					
sp.1	P		X	X	X

BORAGINACEAE

<i>Cordia corymbosa</i> (L) G. Don	P	ab	X		
<i>Cordia selloviana</i> Cham.	P	ar			X

BURCERACEAE

<i>Protium giganteum</i> Engl.	T	ar			X
--------------------------------	---	----	--	--	---

CAESALPINACEAE

<i>Bauhinia forficata</i> Link	P	ar			X
<i>Dialum guianensis</i> (Aubl.) Sandwith	P	ar	X	X	X

CLUSIACEAE

<i>Rheedia brasiliensis</i> (Mart.) Planch.					
Ex Triana	T	ar		X	
<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	P	ar	X	X	X
<i>Tovomita mangle</i> G. Mariz	T	ab	X	X	X
<i>Tovomita brevistaminea</i> Engl.	T	ar	X	X	X
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Pers.	P	ab	X	X	

CRUCIFERAE

sp.1	P	er	X		
------	---	----	---	--	--

DILENIACEAE

<i>Davilla</i> sp.	P	trep		X	
--------------------	---	------	--	---	--

ELAEOCARPACEAE

<i>Sloanea</i> sp.	T	ar			X
--------------------	---	----	--	--	---

ERYTHROXILACEAE

<i>Erythroxylum mucronatum</i> Benth.	P	ar	X	X	
<i>Erythroxylum squamatum</i> Sw.	P	ar			X
EUPHORBIACEAE					
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	P	ar	X	X	X
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (L.) Small	P	er			X
<i>Hyeronima alchornoioides</i>	P	ar	X	X	X
<i>Mabea occidentales</i> Benth.	T	ar	X	X	X
<i>Philanthus</i> sp.	P	ab		X	
<i>Senefeldera verticilata</i>	P	ar	X	X	X
<i>Stilingia brevifolia</i>	P			X	
FLACOURTIACEAE					
<i>Banara guianensis</i> Aubl.	P	ar	X		
GESNERIACEAE					
sp.1	P	er	X		
LAURACEAE					
<i>Ocotea glomerata</i> (Nees) Mez	P	ar	X	X	X
LECYTHIDACEAE					
<i>Escheweilera</i> sp.	T	ar	X	X	X
<i>Lecythis lurida</i> (Miers.) S. A. Mori	T	ar			X
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	T	ar	X	X	X
<i>Lecythis</i> sp.	T	ar	X	X	X
MALPIGHIACEAE					
<i>Byrsonima crispa</i> A. Juss.	P	ar		X	
<i>Byrsonima sericea</i> A. DC.	P	ar	X		X

<i>Byrsonima</i> sp.	P	ar	X		
<i>Mascagnia</i> sp.	P	trep		X	X
MARANTACEAE					
<i>Stromanthe tonckat</i> (Aubl.) Eichl	T	er		X	
<i>Calathea</i> sp.	T	er			X
MELASTOMATACEAE					
<i>Clidemia hirta</i> (L.) D. Don	P	ab	X		
<i>Clidemia</i> sp.	P	ab	X		
<i>Henriettea succosa</i> (Aubl.) A. DC.	P	ar	X		
<i>Miconia hypoleuca</i> (Benth.) Triana	P	ar	X	X	X
<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.	P	ar	X		X
<i>Miconia nervosa</i> (Sm.) Triana	P	ar	X		X
<i>Pterolepsis</i> sp.	P	er	X		X
sp.1	P			X	
MENISPERMACEAE					
<i>Cissampelos</i> sp.	P	trep			X
MIMOSACEAE					
<i>Inga edulis</i> Mart.	T	ar	X		
<i>Inga striata</i> Benth.	P	ar	X	X	X
<i>Inga thibaudiana</i> A. DC.	P	ar	X	X	X
<i>Inga</i> sp.	P	ar	X		X
MONIMIACEAE					
<i>Siparuma guianensis</i> Aubl.	T	ar	X	X	X
MORACEAE					

<i>Brosimum guianensis</i> (Aubl.) Huber	P	ar			X
<i>Ficus</i> sp.	P	ar	X		
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) Rusby	T	ar		X	X
<i>Sorocea hilarii</i> Gaudichand.	T	ar	X	X	X
MYRSINACEAE					
<i>Myrsine</i> sp.	P	ar	X	X	X
MYRTACEAE					
sp.1	T			X	X
NYCTAGINACEAE					
<i>Pisonia</i> sp.	T	ab	X		X
sp.1			X	X	X
sp.2				X	X
PASSIFLORACEAE					
<i>Passiflora</i> sp.		trep	X		
PIPERACEAE					
<i>Piper</i> sp.	P	ab		X	X
PONTEDERIACEAE					
<i>Eichornia</i> sp.		er	X		
QUINACEAE					
<i>Quina</i> aff <i>paraensis</i> Pires et Fróes	T	ar	X		
RHAMACEAE					

<i>Gouanea blanchetiana</i> Miq.	P	trep	X		
RUBIACEAE					
<i>Chiococca alba</i> (L.) Hitch	P			X	
<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K. Schum	P	ar	X	X	
<i>Palicourea blanchetiana</i> Schltdl.	P	ab	X		
<i>Psychotria</i> sp.1	P	ab	X		
<i>Psychotria</i> sp.2	P	ab			X
<i>Rhandia armata</i> (SW.) DC.	P	ab		X	
sp.1	P		X		X
sp.2	P		X		
SAPINDACEAE					
<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	P	ar			X
<i>Dilodendrom bipinatum</i> Radlk.	T	ar			X
<i>Paullinia rubiginosa</i> Cambess.	P	trep		X	
SAPOTACEAE					
<i>Chrysophyllum</i> sp.	T	ar		X	
SIMAROUBACEAE					
<i>Picrammia</i> sp.	T	ar			X
SOLANACEAE					
<i>Physalys neesiana</i> Sendtn.	P	ab	X		
<i>Solanum asperum</i> Rich.	P	ab		X	
<i>Solanum</i> sp.	P	ab	X		
VERBENACEAE					
sp.1	P	er	X	X	

VIOLACEAE

Payparola blanchetiana T ar X X X

VOCHYSIACEAE

Vochysia oblongifolia Warm. T ar X X X

INDETERMINADA

sp.1 X X X

Pteridophyta**BLECHNACEAE**

Blechnum sp. X

Legenda das figuras

Figura 1: Localização da área de estudo, município de Ibateguara, Alagoas, mostrando a área original de mata Atlântica e os remanescentes atuais.

Figura 2: Monitoramento ao longo de 24 horas de oito colônias de *Atta cephalotes* na Usina Serra Grande, Ibateguara, Alagoas. (A) em 17 e 18/06/02; (B) em 26 e 27/06/02; (C) em 28 e 29/06/02; (D) em 01 e 02/07/02; (E) em 03 e 04/07/02; (F) 13 e 14/07/02; (G) em 17 e 18/07/02 e (H) em 29 e 30/07/02.

Figura 3: Riqueza de morfoespécies coletada pelas colônias de *Atta cephalotes* nos diferentes habitats e nas duas estações, Usina Serra Grande, Ibateguara, Alagoas. Legenda: \square e Δ : media; $^{\circ}$: "outliers" * : extremos, \square : erro padrão e τ^{\perp} desvio.

Figura 4: Diversidade de morfoespécies coletada pelas colônias de *Atta cephalotes* nos diferentes habitats e nas duas estações, Usina Serra Grande, Ibateguara, Alagoas. Legenda: \square e Δ : media; $^{\circ}$: "outliers", * : extremos, \square : erro padrão e τ^{\perp} desvio.

Figura 5: Diferentes partes de plantas coletadas pelas colônias de *Atta cephalotes*, nos três ambientes, no período de um ano, na Usina Serra Grande, Ibateguara, Alagoas.

Figura 6: Estratégias de regeneração das espécies vegetais coletadas pelas colônias de *Atta cephalotes*, encontradas nos diferentes habitats na Usina Serra Grande, Ibateguara, Alagoas.

Figura 7: Hábitos das espécies vegetais coletadas pelas colônias de *Atta cephalotes*, encontradas nos diferentes habitats na Usina Serra Grande, Ibateguara, Alagoas.

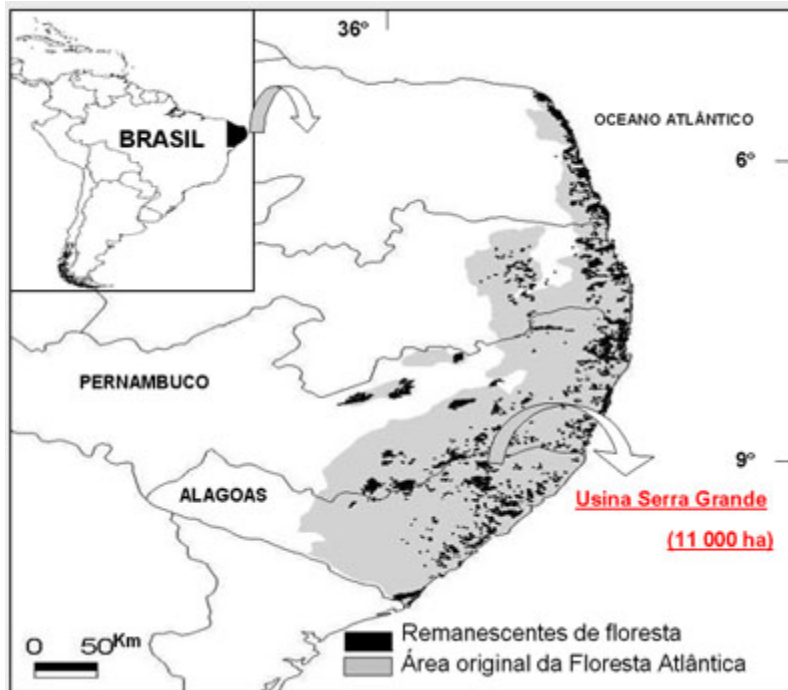


Figura 1

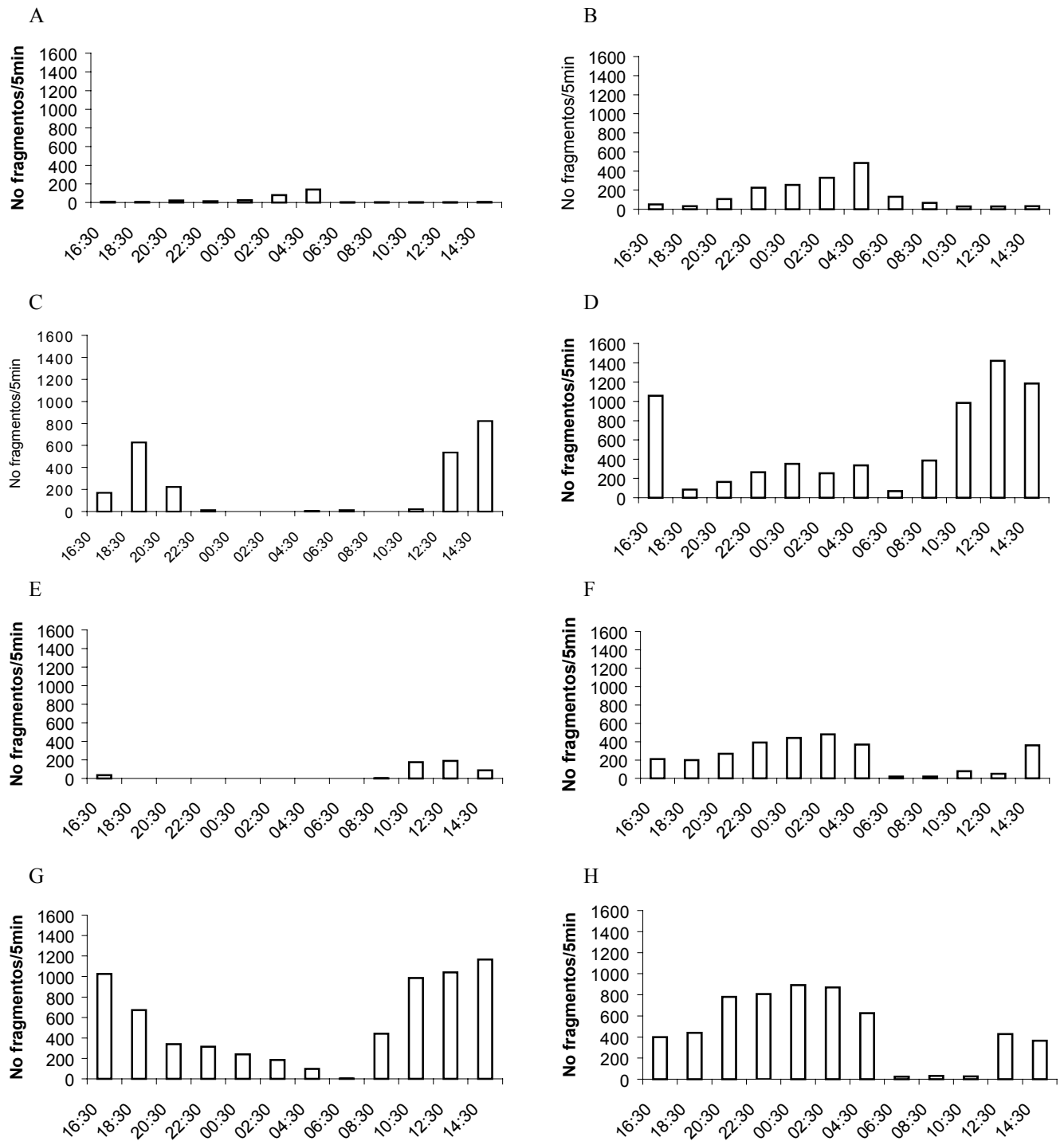


Figura 2

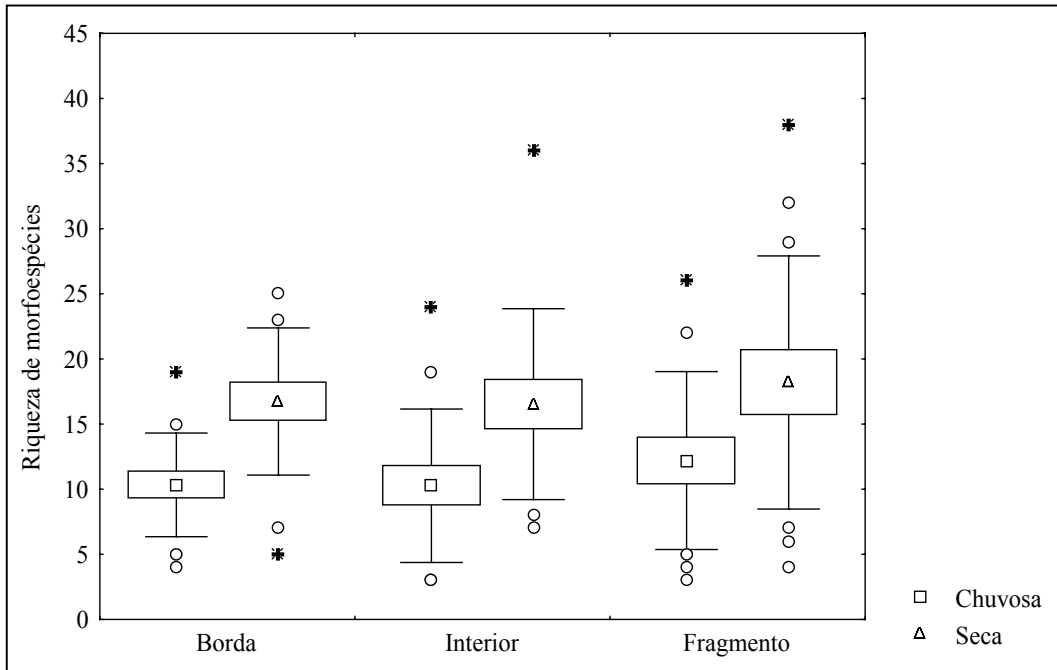


Figura 3

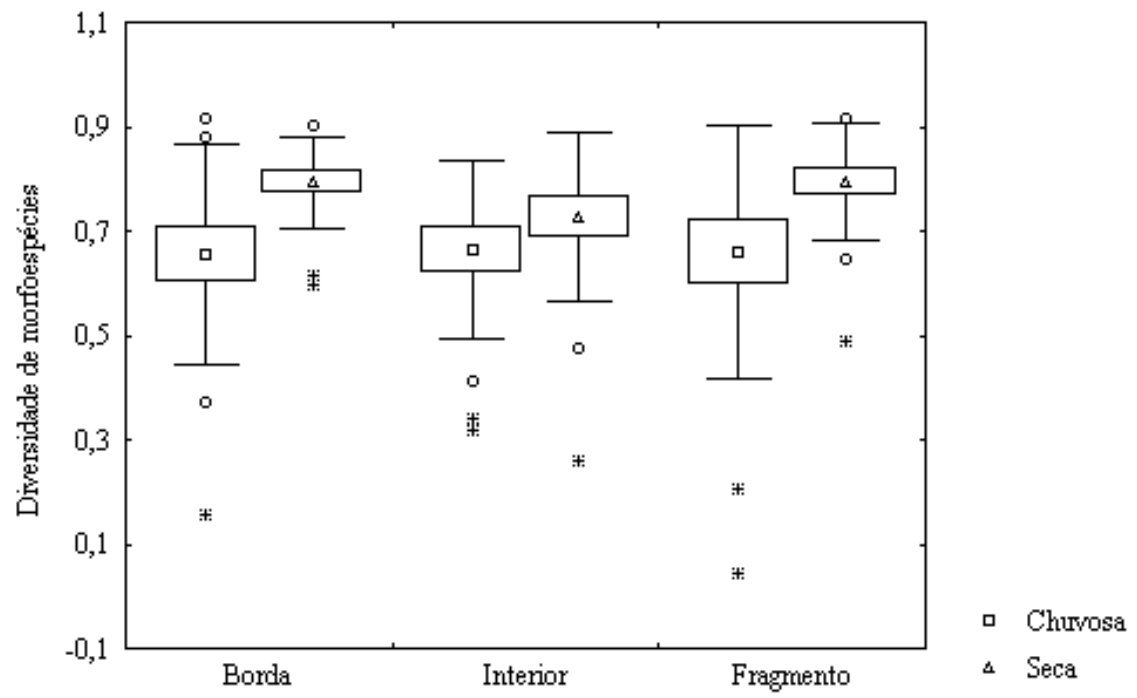


Figura 4

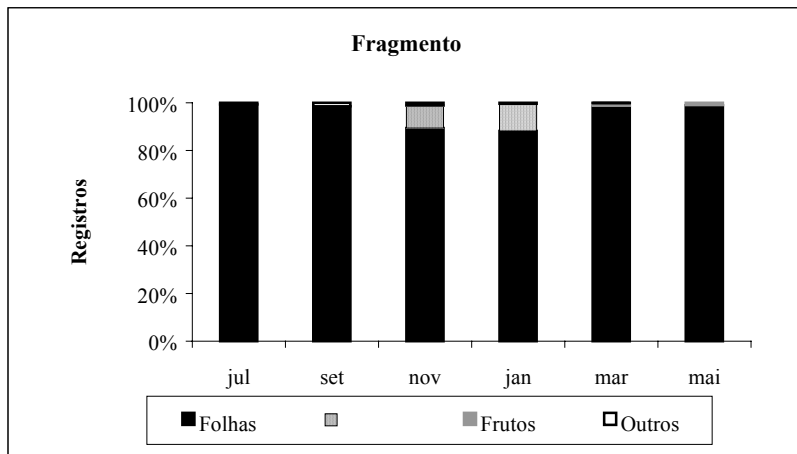
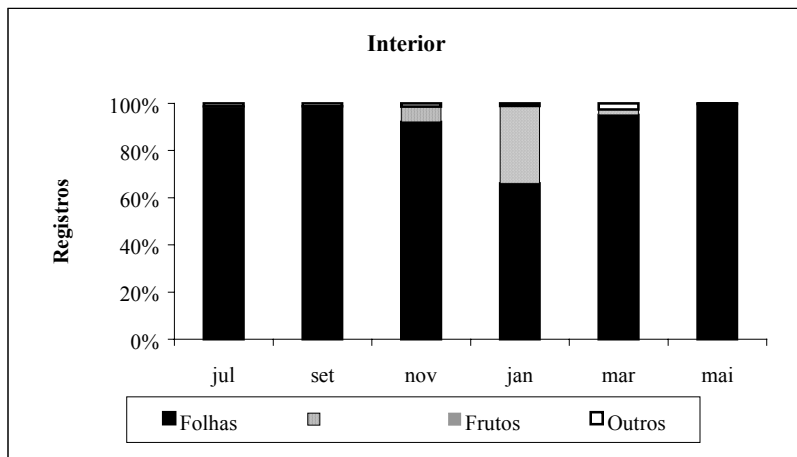
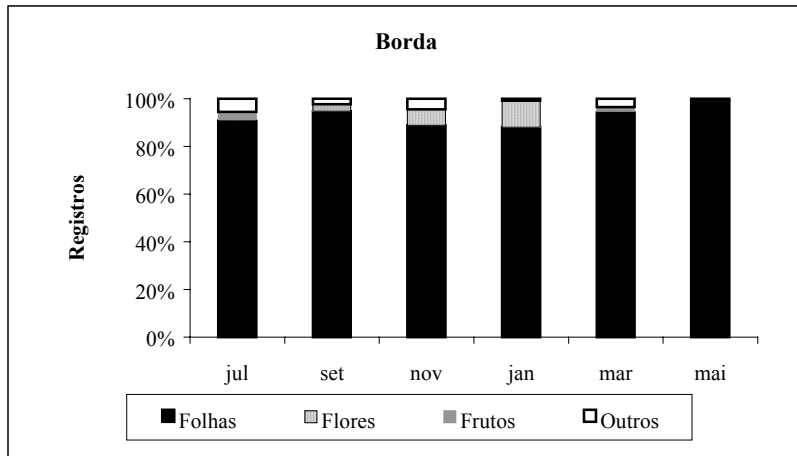


Figura 5

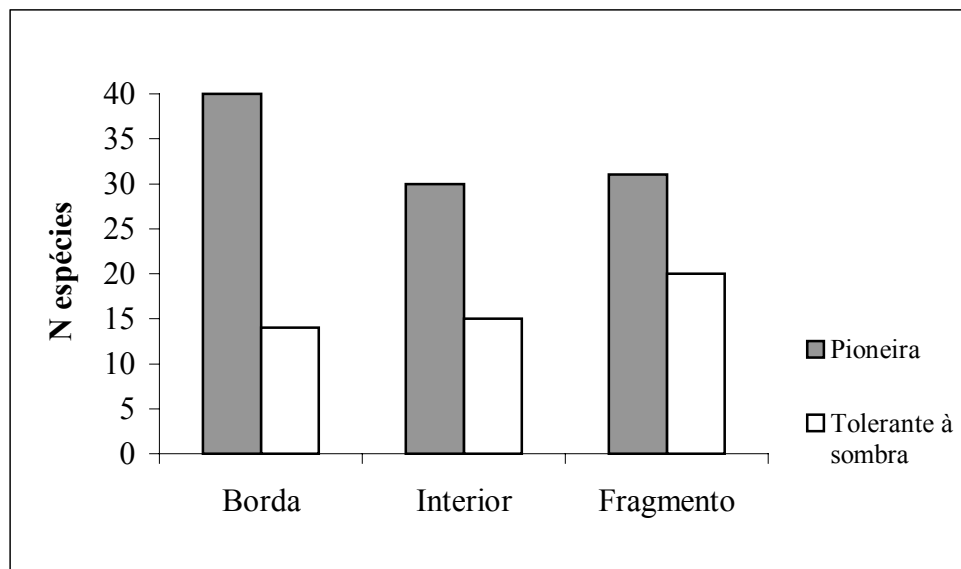


Figura 6

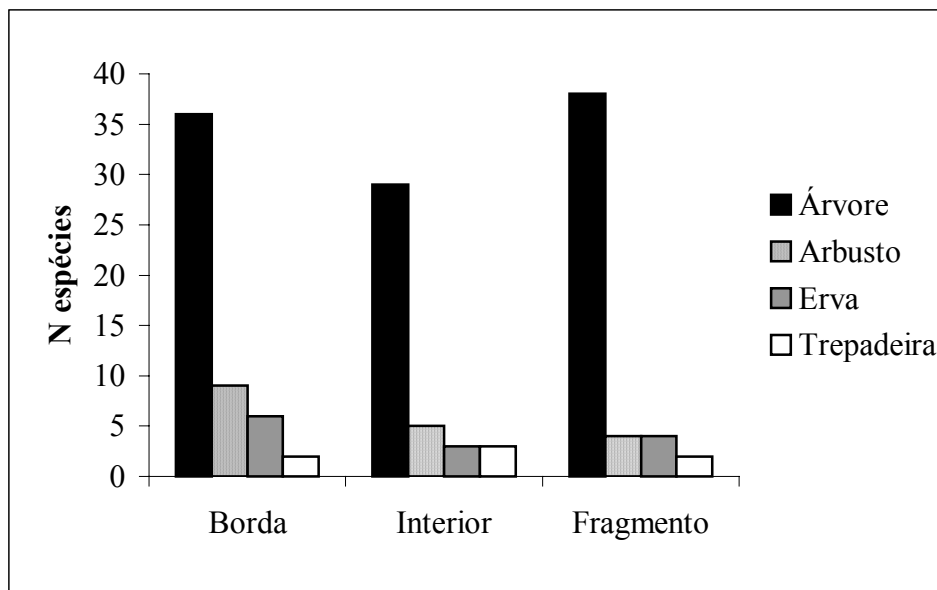


Figura 7