

WALKIRIA REJANE DE ALMEIDA

FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL: REDUÇÃO NO CONTROLE DA FORMIGA

CORTADEIRA *Atta cephalotes* POR MOSCAS PARASITÓIDES

RECIFE, 2004

WALKIRIA REJANE DE ALMEIDA

FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL: REDUÇÃO NO CONTROLE DA FORMIGA
CORTADEIRA *Atta cephalotes* POR MOSCAS PARASITÓIDES

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Biologia Vegetal da
Universidade Federal de Pernambuco,
como parte dos requisitos para obtenção
do grau de Mestre.

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

Co-orientador: Prof. Dr. Rainer M. Wirth

RECIFE, 2004

Almeida, Walkiria Rejane de

Fragmentação florestal: redução no controle da formiga cortadeira *Atta cephalotes* por moscas parasitóides / Walkiria Rejane de Almeida. – Recife: O Autor, 2004.

60 folhas : il., fig., tab.

Orientador: Inara R. Leal.

Co-orientador: Rainer M. Wirth

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas. Biologia Vegetal, 2010.

Inclui bibliografia.

1. Fragmentação florestal 2. Formiga cortadeira 3. Moscas parasitóides. Título.

595.796 CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2010-120

WALKIRIA REJANE DE ALMEIDA

Dissertação submetida à banca examinadora:

Orientadora:

Prof.^a. Dr.^a. Inara Roberta Leal (Departamento de Botânica – UFPE)

Membros titulares:

Prof. Dr. André Victor Lucci Freitas (Museu de Zoologia – UNICAMP)

Prof. Dr. Marcelo Tabarelli (Departamento de Botânica – UFPE)

Membros suplentes:

Prof.^a. Dr.^a. Luciana Ianuzzi (Departamento de Zoologia – UFPE)

Prof.^a. Dr.^a. Jarcilene Almeida Cortez (Departamento de Botânica – UFPE)

ATA DA PROVA PÚBLICA DE DEFESA DA DISSERTAÇÃO DA ALUNA WALKIRIA REJANE DE ALMEIDA, DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL DO CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.

Às quatorze horas, do dia dezoito de fevereiro de dois mil e quatro, 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 WALKIRIA REJANE DE ALMEIDA, intitulada: "FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL: REDUÇÃO NO CONTROLE DA FORMIGA CORTADEIRA *Atta laevigata* POR MOSCAS PARASITÓIDES". 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 LUCI 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 a Dra. LUCIANA IANUZZI, 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 LUCI 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 WALKIRIA REJANE DE ALMEIDA, 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, 19 de fevereiro de 2004.

Giovanna Gutierrez

Inara Roberta Leal

Luciana Ianuzzi

Dr. André Victor Lucci Freitas

Dr. Marcelo Tabarelli

Policiana F. Falcão

Homologada em
Reunião de Colegiado de 5/3/04.

Giovanna Gutierrez

Verônica S. Barbosa

Marcelo Tabarelli

Sabrina Guisto

Antia Gomes

Wanessa Rejane de Almeida

Aos bons corações que se
dispuseram a ajudar-me nessa
caminhada, minha imensa gratidão.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Inara R. Leal, pelos valiosos ensinamentos durante todas as etapas desse trabalho e, principalmente, pela compreensão, incentivo e confiança.

Ao Prof. Dr. Rainer Wirth pela co-orientação e incentivo durante a pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão de bolsa de estudo e pelo financiamento do projeto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e ao Conselho Alemão de Pesquisa, pelo financiamento do projeto.

Ao Centro de Pesquisa Ambientais do Nordeste, Conservation International e a Usina Serra Grande, pelo apoio logístico e permissão para a execução desse projeto.

Ao Prof. Dr. Marcelo Tabarelli, pelo apoio logístico e organização da base de pesquisa Serra Grande.

À Profa. Dra. Luciana Ianuzzi, pela ajuda na triagem do material de campo.

Aos membros da banca examinadora pelas sugestões no texto desse manuscrito.

Ao Prof. Dr. Paulo Santos e Msc. André Santos, pela ajuda na análise estatística.

À minha família, por estar sempre ao meu lado durante todos os momentos, ajudando-me sempre que precisei.

Ao Manoel V. de Araujo Jr, pela ajuda em todas as etapas desse trabalho e, especialmente, por sua companhia, dedicação e amor.

Aos meus especiais companheiros de estudo e coleta, Poliana Falcão, Veralucia Barbosa e Manoel V. de Araujo Jr, pelos bons momentos compartilhados nessa caminhada.

A todos que se dispuseram a ajudar-me na coleta de dados desse trabalho, Pille Urbas, Úrsula Silveira, Wemerson Almeida, Welma Almeida, Jonathan Lafond, Fábio Cavalcanti, Caio José Carlos, Olivier Darrault, Michele Corrêa e aos meus acompanhantes de campo, Ednaldo e Tarciso, muito obrigada!

RESUMO

Nesse estudo nós testamos a hipótese que formigas cortadeiras (*Atta* sp.) sofrem um controle menos intenso das moscas Phoridae em áreas fragmentadas. Para avaliar diferenças na ação dos parasitóides devido ao efeito de borda, foram marcadas cinco colônias no interior e na borda de um fragmento de 3.000 ha (área controle). Adicionalmente, para verificar o efeito da redução e isolamento do habitat, outras cinco colônias foram marcadas em um fragmento de 300 ha. Foram realizadas perturbações nas colônias e registrada a ação desses parasitóides. Os resultados indicam maior abundância de parasitóides, menor tempo de aparecimento e maior taxa de ataque no interior da área controle. Nós concluímos que a fragmentação de habitats afeta a abundância e distribuição das moscas, bem como a taxa de ataques às formigas, podendo, dessa forma, comprometer o potencial efetivo de parasitismo. Portanto, podemos assumir que as populações de forídeos constituem um mecanismo de regulação populacional mais intenso para as colônias de *Atta cephalotes* em áreas mais preservadas.

Palavras-chave: Controle topo-base, fragmentação florestal, interação trófica, *Atta cephalotes*, Phoridae.

ABSTRACT

In this investigation we tested the hypothesis that leaf-cutting ants (*Atta* sp.) are submitted to a less pronounced control by Phoridae flies in fragmented areas. To assess the differences in the action of parasitoids due to edge effect, we studied five colonies within and at the edge of a fragment of 3000ha (control area). Moreover, to evaluate the effects of habitat reduction and isolation, other five colonies were analysed within a fragment of 300ha. Colonies were disturbed and the action of parasitoids was registered. The results indicate an increase in the abundance of parasitoids, a decrease in the appearance time and an increase in the attack rate in the control area. Thus, we suggest that habitat fragmentation affects abundance and distribution of flies as well as the attack rate to the ants. This could compromise the effective potential of parasitism. Therefore, we might assume that Phoridae populations represent a pronounced regulatory mechanism of the *Atta cephalotes*' colonies in more preserved areas.

Palavras-chave: Top-down control, forest fragmentation, trophic interaction, *Atta cephalotes*, Phoridae.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Número de forídeos observados sobre as trilhas de forrageamento e entradas de limpeza, ao longo dos ciclos de 24 horas, em três colônias de *A. cephalotes*, na Usina Serra Grande, Alagoas. (A) e (B) colônias localizadas na borda da área controle, (C) colônia localizada no fragmento.....48

Figura 2. Abundância total das morfoespécies registrada nos habitats estudados, nas estações seca e chuvosa, Usina Serra Grande, Alagoas. O quadrado e o triângulo representam a mediana, a caixa denota o quartiz e as barras representam a amplitude.....49

Figura 3. Ação dos forídeos nos três habitats, durante a estação seca. A) Tempo de aparecimento do primeiro forídeo (seg) após a perturbação da colônia, B) Número de forídeos atraídos, C) Número de ataques às operárias. Barras sinalizadas com letras diferentes denotam diferenças significativas ao nível de $p < 0,05$. O quadrado e o triângulo representam a mediana, a caixa denota o quartiz e as barras representam a amplitude.....50

Figura 4. Ação dos forídeos nos três habitats, durante a estação chuvosa. A) Tempo de aparecimento do primeiro forídeo (seg) após a perturbação da colônia, B) Número de forídeos atraídos, C) Número de ataques às operárias. Barras sinalizadas com letras diferentes denotam diferenças significativas ao nível de $p < 0,05$. O quadrado e o triângulo representam a mediana, a caixa denota o quartiz e as barras representam a amplitude.....51

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1. Forídeos associados com formigas cortadeiras dos gêneros <i>Atta</i> e <i>Acromyrmex</i> . Fonte: Feener & Moss (1990).....	20
---	----

MANUSCRITO

Tabela 1. Abundância (média $\pm$ DP) das morfoespécies de forídeos registradas nos três habitats estudados e nas estações seca e chuvosa, Usina Serra Grande, Alagoas.....	46
---	----

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

INTRODUÇÃO GERAL.....11

REVISÃO DE LITERATURA.....13

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....22

MANUSCRITO.....29

 RESUMO.....31

 INTRODUÇÃO.....32

 MATERIAIS E MÉTODOS.....33

 RESULTADOS.....36

 DISCUSSÃO.....38

 AGRADECIMENTOS.....41

 LITERATURA CITADA.....42

 LEGENDA DAS FIGURAS.....47

CONCLUSÃO.....52

ANEXO.....53

INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas décadas, a fragmentação de florestas tropicais foi intensificada, e o resultado desse processo foi uma paisagem extremamente fragmentada, com a maioria dos remanescentes estando ainda sob intensa pressão antrópica (Morellato & Haddad 2000, Whitmore 1997). As principais conseqüências desse processo são a redução e isolamento dos habitats e o aumento na razão borda/interior dos remanescentes, que resulta em modificações físicas conhecidas como efeito de borda (Saunders et al. 1991).

Sabe-se que essas mudanças estruturais ocasionam alterações na abundância e composição das espécies, nos processos ecológicos e, portanto, no funcionamento do ecossistema (Laurance 1997, Murcia 1995). Entretanto, há poucas informações sobre as conseqüências da fragmentação de habitats na dinâmica dos processos ecológicos e, menos ainda, na estrutura trófica do ecossistema.

Diante disso, esse trabalho se propõe a estudar as alterações na estrutura trófica decorrentes da fragmentação de habitats. Para tal, foi escolhida uma importante interação parasita-hospedeiro em florestas tropicais: a relação das moscas da família Phoridae com as formigas cortadeiras (*Atta* spp.). Portanto, apresentaremos aqui o papel dos forídeos como regulador das populações de *Atta cephalotes* Linné, 1758 em fragmentos de florestas. Mais especificamente, testaremos a hipótese de que em áreas perturbadas essas moscas constituem um controle menos intenso às populações das formigas cortadeiras.

A hipótese investigada nesse trabalho faz parte do projeto "Interações tróficas em florestas fragmentadas: o sistema modelo das formigas cortadeiras" (Capes/DFG e Profix/CNPq), que propõe uma abordagem integrada dos efeitos da fragmentação em cadeias tróficas, através da determinação da importância relativa de forças base-topo e

topo-base. Assim, nós pretendemos contribuir para um melhor entendimento no papel das formigas cortadeiras em florestas tropicais e nos processos que levam ao aumento da sua densidade devido a alterações antrópicas.

REVISÃO DE LITERATURA

Fragmentação florestal e suas implicações na estrutura da comunidade

As atividades humanas vêm transformando os ambientes há muitos séculos, de modo que a maior parte dos sistemas apresenta-se hoje extremamente alterado. Nos últimos 150 anos, foi intensificada a destruição das florestas tropicais, e o resultado foi a criação de uma paisagem altamente modificada, com “ilhas de floresta” inseridas em uma matriz não florestada (Turner 1996, Whitmore 1997). A perda e fragmentação dos habitats são as principais causas para uma variedade de modificações estruturais nos remanescentes, já que reduz a área disponível para as populações de plantas e animais (Turner 1996, Chiarello 1999), altera a razão borda/interior dos remanescentes – i. e. efeito de borda (Murcia 1995, Saunders et al. 1991) - e quebra a conectividade entre os habitats (Fahrig 2003). Todas essas modificações ocasionam alterações na abundância e composição das espécies, nos processos ecológicos e, portanto, na estrutura da floresta (Laurance 1997, Murcia 1995, Desouza et al. 2001).

A perda e fragmentação dos habitats são as maiores ameaças à diversidade biológica, levando à extinção várias espécies de animais e vegetais (e.g. Wilcox & Murphy 1985, Didham et al. 1996, Turner 1996, Gascon et al. 2001). A redução na área e o isolamento entre elas atuam diretamente sobre as populações, já que modificam a relação espécie-área, diminui a heterogeneidade dos habitats e o intercâmbio de indivíduos (ou diásporos) entre os fragmentos (Desouza et al. 2001). Contudo, é importante salientar que as espécies são distintamente afetadas por esses processos, já que têm diferentes requerimentos ecológicos e por essa razão apresentam diferentes probabilidades de migração e extinção nos habitats terrestres.

Como consequência da perda e fragmentação dos habitats, a quantidade de borda aumenta drasticamente fazendo com que a matriz florestada receba influências diretas da paisagem circundante (matriz não-florestada), ocasionando, dessa maneira, modificações nas condições abióticas dos remanescentes, conhecidas como efeito de borda (Saunders et al. 1991). As mudanças abióticas mais importantes são aumento na incidência de luz, temperatura e vento, e diminuição da umidade do ar e do solo (veja resivão Murcia 1995). Em função disso, as áreas de borda possuem elevadas taxas de mortalidade de árvores em decorrência do aumento da turbulência (Laurance 1997) ou intolerância às mudanças climáticas repentinas (Ferreira & Laurance 1997). Por outro lado, há um marcado aumento no recrutamento de espécies pioneiras (Laurance et al. 1998a), bem como, uma maior proliferação de lianas e trepadeiras (Laurance et al. 1998b, 2001). Além disso, os fragmentos são mais vulneráveis à invasão de espécies exóticas (Laurance 1997). Dessa forma, o efeito de borda apresenta papel fundamental na ecologia de fragmentos florestais (Desouza et al. 2001).

Outra importante consequência do processo de fragmentação é a ruptura na conectividade entre os habitats (Saunders et al. 1991). Esse isolamento estrutural dificulta e/ou paralisa a dispersão das espécies (Turner 1996), através da interrupção de interações, tais como: migração (Stevens & Husband 1998), polinização (Aizen & Feinsinger 1994) e dispersão de diásporos (Silva & Tabarelli 2000) e, conseqüentemente, a colonização de novas áreas (Bierregaard et al. 1992). Esse rompimento nos processos ecológicos tem importantes implicações para a dinâmica dos fragmentos (Bierregaard et al. 1992, Laurance 1997).

Além de todos esses fatores, é de fundamental importância enfatizar que os fragmentos não estão apenas sendo reduzidos e isolados. Em muitas áreas, outras atividades antrópicas, como a exploração de madeira, caça e queimadas, põem em risco

a manutenção da vida silvestre; e os efeitos combinados destas várias pressões podem ser ainda mais devastadores (Tabarelli et al. 2003).

A atual situação da floresta Atlântica brasileira

As florestas tropicais suportam uma grande proporção da biodiversidade do planeta, abrigando altas taxas de endemismo (Myers et al. 2000) e complexas interações bióticas (Didham et al. 1996). Dentre estes ecossistemas, a floresta Atlântica brasileira merece particular atenção, já que tem sido reconhecida como um dos mais ricos em espécies vegetais e animais (cerca de 7% da biodiversidade terrestre do planeta; Quintela 1990). Outrora, essa floresta ocupava aproximadamente 15% do território nacional estendendo-se ao longo de quase toda a costa, do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul (Viana & Tabanez 1996). Devido aos inúmeros ciclos de exploração econômica e à alta densidade populacional humana na região costeira, atualmente restam apenas 98.000 km² de floresta, o equivalente a 7,6% da área original (MMA 1999). A área restante apresenta-se ainda subdividida em numerosos fragmentos que se encontram sob intensa pressão antrópica e risco iminente de extinção (Morellato & Haddad 2000). Mesmo encontrando-se sob tal grau de destruição, calcula-se que este ecossistema abrigue 20.000 espécies de plantas vasculares, sendo 8.000 endêmicas, e ainda 620 espécies de aves e 261 de mamíferos. Por isso, este ecossistema foi apontado recentemente como um das 25 prioridades mundiais para a conservação (Myers et al. 2000).

Como parte da floresta Atlântica brasileira está a floresta Atlântica nordestina (*sensu* Prance 1982), também conhecida como Centro de Endemismo Pernambuco (Prance 1982, Silva & Tabarelli 2000), isto é, a floresta localizada ao norte do Rio São Francisco, abrangendo os estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do

Norte. Esta região de 76.938 km² abriga várias espécies animais e vegetais endêmicas e, por isso, tem sido identificada como um importante centro de endemismo na América do Sul. Esta biota apresenta-se distinta dos outros setores desse domínio, como consequência direta da influência da região Amazônica, dos trechos de floresta Atlântica do sul e sudeste do Brasil (Silva & Tabarelli 2000).

Por fatores históricos e econômicos, a floresta Atlântica nordestina é um dos setores mais ameaçados deste ecossistema. Nesta região, as áreas de florestas foram drasticamente convertidas em áreas agricultáveis (Viana et al. 1997). Segundo Ranta et al. (1998) grande parte do que restou desta vegetação (entre 2-7%) é composto por remanescentes distribuídos em pequenas manchas (a maioria com menos de 10ha) circundadas principalmente por plantações de cana-de-açúcar (Ranta et al. 1998). Além disso, as áreas de preservação existentes sofrem ainda com uma alta pressão de caça, fogo e extração de madeira (Morelato & Haddad 2000, Silva & Tabarelli 2000).

As formigas cortadeiras

A tribo Attini (Formicidae, Myrmicinae) inclui cerca de 210 espécies de formigas, distribuídas em 12 gêneros (Schultz & Meier 1995), que mantêm um mutualismo obrigatório com fungos (Hölldobler & Wilson 1990). Elas coletam material vegetal como substrato para o crescimento do fungo simbiótico (Fowler & Clave 1991), que é utilizado como sua principal fonte de alimento (Hölldobler & Wilson 1990). Os dois gêneros mais derivados dessa tribo, *Atta* (15 espécies) e *Acromyrmex* (24 espécies), utilizam especialmente folhas como substrato à fungicultura e são popularmente conhecidas como formigas cortadeiras ou saúvas (Chapela et al. 1994, Sales 1998).

As formigas cortadeiras encontram-se distribuídas aos mais variados ecossistemas do Novo Mundo, com uma faixa de dispersão entre 33°N e 44°S e uma distribuição vertical que varia entre 0 e 2500m de altitude (Sales 1998). A história evolutiva dessas formigas data da era Cenozóica, período Terciário, há aproximadamente 50 milhões de anos (Sales 1998, Lopez & Orduz 2003), com a região amazônica constituindo, provavelmente, o centro de origem e irradiação dessa tribo (Sales 1998).

Colônias maduras de formigas do gênero *Atta* contêm milhões de operárias coletando muitos quilogramas de vegetação por ano (Fowler et al. 1990, Wirth et al. 1997, Herz et al. 1998). Cherret (1989) estimou que essas formigas consomem até 17% da produção vegetal em uma floresta, sendo, por isso, consideradas os herbívoros predominantes dos ecossistemas neotropicais (Hölldobler & Wilson 1990).

Como herbívoros dominantes, as cortadeiras do gênero *Atta* formam um grupo particularmente importante em florestas tropicais, desempenhando papéis fundamentais no funcionamento desse ecossistema (Hölldobler & Wilson 1990, Perfecto & Van der Meer 1993, Vasconcelos 1999). Dentre os inúmeros efeitos desses organismos podemos ressaltar sua influência na ciclagem dos nutrientes (Coutinho 1984, Garretson et al. 1998) contribuindo para a fertilidade do solo (Herz et al. 1998). Além disso, o impacto da criação de clareiras de sub-bosque (Garrettson et al. 1998), e, conseqüentemente a alteração do regime de emissão de luz (Wirth et al. 2003). Por fim, essas formigas atuam como agentes dispersores ou predadores de sementes de muitas espécies de plantas (Dalling & Wirth 1998; Leal & Oliveira 1998; 2000), sendo consideradas espécies-chave em ecossistemas florestais (Della Lucia & Fowler 1993, Perfecto & Van der Meer 1993).

Moscas da família Phoridae e sua associação com as formigas cortadeiras

A família Phoridae (Diptera) é bastante diversa, com cerca de 240 gêneros, dos quais aproximadamente a metade, apresenta associações com insetos sociais. Sendo cerca de 60 gêneros exclusivamente associados às formigas (Feener 2000). A atual classificação ordena as moscas parasitóides das formigas cortadeiras *Atta* e *Acromyrmex* em seis gêneros: *Allochaeta* Borgmeier, *Apocephalus* Coquillett, *Myrmosicarius* Borgmeier, *Neodohniphora* Malloch, *Procliniella* Borgmeier e *Stenoneurellys* Borgmeier (Borgmeier 1931, atualizados e sumarizados em Feener & Moss 1990). Dentre esses, *Apocephalus* e *Myrmosicarius* são os mais diversos, seguidos de *Neodohniphora*. O gênero *Apocephalus* apresenta-se mais generalista em relação ao seu hospedeiro, incluindo formigas das subfamílias: Ponerinae, Ecitoninae, Myrmicinae, Dolichoderinae e Formicinae. Por outro lado, as moscas dos gêneros *Myrmosicarius* e *Neodohniphora* parecem apresentar preferência exclusiva por formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*. Os demais gêneros atacam exclusivamente formigas do gênero *Acromyrmex* (Borgmeier 1931, Feener & Moss 1990).

Do total das espécies descritas para os gêneros acima citados, 25 são exclusivamente parasitóides das formigas cortadeiras (Feener & Moss 1990; Tabela 1). De acordo com esses autores, as moscas forídeas apresentam uma relação específica com seu hospedeiro, já que a maioria delas (19) ataca apenas uma espécie de cortadeira. Em adição, entre as moscas que parasitam mais de um hospedeiro, apenas uma espécie ataca ambos os gêneros de formigas cortadeiras já citados, indicando, assim, relativa especificidade.

Distúrbios causados por essas moscas podem ser um importante aspecto, pois afetam o desempenho das formigas cortadeiras (Feener & Brown 1997, Orr 1992). A simples presença dessas moscas pode alterar o comportamento das operárias e diminuir

sua capacidade de forrageamento (Feener & Brown 1993, Orr 1992), através da redução no tamanho das trilhas e no tamanho e número de fragmentos transportados até o ninho (Erthal & Tonhasca-Jr. 2000). Forídeos pairando sobre as trilhas de forrageamento fazem com que as operárias escapem, resultando em alta taxa de fragmentos de folhas abandonados (Bragança et al. 1998, Feener & Brown 1993). Desta forma, essas moscas causam impacto na sobrevivência das colônias de formigas cortadeiras, constituindo um fator de regulação populacional do tipo topo-base, onde as populações de um nível trófico são reguladas pelo nível trófico superior.

Tabela 1. Forídeos associados com formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*. Fonte: Feener & Moss (1990).

Forídeo	Hospedeiro
<i>Allochaeta</i>	
<i>A. logicihata</i>	<i>Acromyrmex niger</i>
<i>Apocephalus</i>	
<i>A. attophilus</i>	<i>Atta cephalotes</i>
	<i>Atta colombica</i>
	<i>Atta laevigata</i>
	<i>Atta sexdens rubropilosa</i>
<i>A. barbicauda</i>	<i>Acromyrmex lundi</i>
<i>A. dubiatus</i>	<i>Acromyrmex subterraneus brunneus</i>
<i>A. lamellatus</i>	<i>Acromyrmex niger</i>
<i>A. luteihalteratus</i>	<i>Acromyrmex lundi</i>
	<i>Acromyrmex niger</i>
<i>A. neiva</i>	<i>Acromyrmex</i> sp.
<i>A. rionegrensis</i>	<i>Acromyrmex subterraneus brunneus</i>
<i>A. wallerae</i>	<i>Atta texana</i>
<i>A. sp.?</i>	<i>Atta cephalotes</i>
<i>Mirmosicarius</i>	
<i>M. catharinensis</i>	<i>Acromyrmex lundi</i>
<i>M. crudelis</i>	<i>Atta sexdens</i>
<i>M. cuspidatus</i>	<i>Acromyrmex niger</i>
<i>M. gracilipes</i>	<i>Acromyrmex subterraneus brunneus</i>
<i>M. grandicornis</i>	<i>Atta sexdens</i>
<i>M. infestans</i>	<i>Acromyrmex asperus</i>
	<i>Acromyrmex diseiger</i>
	<i>Acromyrmex subterraneus</i>
<i>M. persecutor</i>	<i>Acromyrmex lundi</i>
<i>M. tarsipennis</i>	<i>Acromyrmex niger</i>
<i>M. texanus</i>	<i>Atta texana</i>

Tabela 1. Continuação.

<i>Neodohrniphora</i>	
<i>N. acromyrmecis</i>	<i>Acromyrmex</i> sp. <i>Atta sexdens rubropilosa</i>
<i>N. curvinervis</i>	<i>Atta sexdens</i>
Grupo - <i>N. curvinervis</i>	<i>Atta cephalotes</i> <i>Atta mexicana</i>
<i>N. declinata</i>	<i>Atta laevigata</i> <i>Atta sexdens</i>
<i>Procliniella</i>	
<i>P. hostiles</i>	<i>Acromyrmex niger</i>
<i>Stenoreurellys</i>	
<i>S. laticeps</i>	<i>Acromyrmex niger</i>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIZEN, M. A. e FEINSINGER, P. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a chaco dry forest, Argentina. *Ecology* 75: 330-351. 1994
- BIERREGAARD. R. O. JR, LOVEJOY, T. E., KAPOV, V., SANTOS, A. A. e HUTCHINGS, R. W. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. *Bioscience* 42: 859-866. 1992.
- BORGMEIER, T. Sobre alguns phorideos que parasita a saúva e outras formigas cortadeiras (Diptera: Phoridae). *Arquivos do Instituto Biológico* 4: 209-228. 1931.
- BRAGANÇA, M. A. L., TONHASCA JR., A. e DELLA LUCIA, T. M. C. Reduction in the foraging activity of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* caused by the phorid *Neodohniphora* sp. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 89: 305-311. 1998.
- CHAPELA, I. H., REHNER, S. A., SCHULTZ, T. R. e MUELLER, U. G. Evolutionary history of the symbiosis between fungus-growing ants and their fungi. *Science* 266: 1691-1694. 1994.
- CHERRETT, J. M. 1989. Leaf-cutting ants. In: LIETH, H.E. e WERGER M. J. A. (Eds). *Ecosystems of the world*. Elsevier. Amsterdam-Oxford-New York. 1989, p. 473-486.
- CHIARELLO, A. G. Effects of fragmentation of the Atlantic forest on mammal communities in south-eastern Brazil. *Biological Conservation* 89: 71-82. 1999.
- COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos da saúva no cerrado – a saúva, as queimadas e sua possível relação na ciclagem de nutrientes minerais. *Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo* 8: 1-9. 1984
- DALLING, J. W. e WIRTH, R. Dispersal of *Miconia argentea* seeds by the leaf-cutting

- ant *Atta colombica*. *Journal of Tropical Ecology* 14: 705-710. 1998.
- DELLA-LUCIA, T. M. C. e FOWLER, H. G. As formigas cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). *As formigas cortadeiras* UFV, Viçosa – Minas Gerais. 1993, p. 1-3.
- DESOUZA, O. G., SCHOREDER, J. H., BROWN, V. e BIERREGAARD, R. O. JR. A theoretical overview of the processes determining species richness in forest fragments. In: BIERREGAARD, R. O. JR, GASCON, C., LOVEJOY, T. E. e MESQUITA, R. C. G. (Eds.). *Lessons from Amazonia: The ecology and conservation of a fragmented forest*. Yale University Press. New Haven & London. 2001.
- DIDHAM, R. K., GHAZOUL, J., STORK, N. E. e DAVIS, A. J. Insects in fragmented forests: a functional approach. *Elsevier science Tree* 11: 255-260. 1996.
- ERTHAL JR., M. e TONHASCA JR., A. Biology and oviposition behavior of the phorid *Apocephalus attophilus* and the response of its host, the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 95: 71-75. 2000.
- FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review Ecology and Systematic* 34: 487-515. 2003.
- FEENER, D.H., Jr. Is the assembly of ant communities mediated by parasitoids? *Oikos* 90:79-88. 2000.
- FEENER, D. H., Jr. e BROWN, B. V. Oviposition behavior of an ant-parasitizing fly, *Neodohmiphora curvinervis* (Diptera: Phoridae), and defense behavior by its leaf-cutting ant host *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Insect Behavior* 6: 675-688. 1993.
- FEENER, D. H., Jr. e BROWN, B. V. Diptera as parasitoids. *Annual Review of Entomology* 42: 73-97. 1997.

- FEENER, D. H. Jr. e MOSS, K. A. G. Defense against parasites by hitchhikers in leaf-cutting ants: a quantitative assessment. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 26:17-29. 1990.
- FERREIRA, L. V. e LAURANCE, W. F. Effects of forest fragmentation on mortality and damage of selected trees in central Amazonia. *Conservation Biology* 11: 797-801. 1997.
- FOWLER, H. G. e CLAVE, S. 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. 1991
- FOWLER, H. G; FORTI, L. C. e ROMAGNANO, L. F. T. D. Methods for the evaluation of leaf-cutting ant harvest. In: VAN DER MEER, R. K. JAFFE, K. & CEDENO, A. (Eds.). *Applied Myrmecology - A world perspective*. Westview Press, Boulder, San Francisco & Oxford. 1990, p. 228-241.
- GARRETTSON, M., STETZEL, J. F.; HALPERN, B. S., HEARN, D. J., LUCEY, B. T. e MCKONE, M. J. Diversity and abundance of understorey plants on active and abandoned nests of leaf-cutting ants (*Atta cephalotes*) in a Costa Rica rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 14: 17-26. 1998.
- GASCON, C., LAURANCE, W. F. e LOVEJOY, T. E. Fragmentação florestal e biodiversidade na Amazônia Central. In: GARAY I & DIAS B (Eds.) *Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais*. Ed. Vozes, Rio de Janeiro. 2001, p. 112-127.
- HERZ, H., WIRTH, R., HÖLLDOBLER, B. e BEYSCHLAG, W. High rate of leaf-cutter ant colony movements in a tropical forest. In: DALITZ, H., HAVERKAMP, M., HOMEIER, J. e BRECKLE, S. W. (Eds.). *Kurzbeiträge zur Tropenökologie Bielefelder Ökologische Beiträge, GTÖ*. 1998.

- HÖLDOBLER, B. e WILSON, E. O. *The ants*. Harvard University Press, Cambridge, USA. 1990.
- LAURANCE, W. F. Hyper-disturbed parks: edge effects and the ecology of isolated rainforest reserves in tropical Australia. In: LAURANCE, W. F., e BIERREGAARD JR, R. O. (Eds). *Tropical forest remnants: Ecology, management, and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press, Chicago. 1997, p. 71-83.
- LAURANCE, W. F., FERREIRA, L. V., RANKIN-DE-MORENA, J. M. e LAURANCE, S. G. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology* 79: 2032-2040. 1998a.
- LAURANCE, W. F., FERREIRA, L. V., RANKIN-DE-MORENA, J. M., LAURANCE, S. G., HUTCHINGS, R. e LOVEJOY, T. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. *Conservation Biology* 12: 460-464. 1998b.
- LAURANCE, W. F., PÉREZ-SALICRUP, D., DELAMÔNICA, P., FEARNSIDE, P. M., D'ANGELO, S., JEROZOLINSKI, A., POHL, L. e LOVEJOY, T. M. Rain forest fragmentation and the structure of Amazonian liana communities. *Ecology* 82: 105-116. 2001.
- LEAL, I. R. e OLIVEIRA, P. S. Interactions between fungus growing ants (Attini), fruits and seeds in cerrado vegetation in Southeast Brazil. *Biotropica* 30: 170-178. 1998.
- LEAL, I. R. e OLIVEIRA, P. S. 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. 2000.
- LOPEZ, E. e ORDUZ, S. *Metarhizium anisopliae* e *Trichoderma viride* for control of

- nests of the fungus-growing ant, *Atta cephalotes*. *Biological Control* 27: 194-200. 2003.
- MORELLATO, L. P. C. e HADDAD, C. F. B. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 32: 786-792. 2000.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: application for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62. 1995.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., FONSECA, G. A. B. e KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858. 2000.
- ORR, M. Parasitic flies (Diptera: Phoridae) influence foraging rythms and caste division of labor in leaf-cutter ant, *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae), *Behavioral Ecology and Sociobiology* 30: 395-402. 1992.
- PERFECTO, I. e VAN DER MEER, J. Distribution and turnover rate of a population of *Atta cephalotes* in a tropical rain forest in Costa Rica. *Biotropica* 25: 316-321. 1993.
- PRANCE, G. T. Forest refuges: evidences from woody angiosperms. In: PRANCE G. T. (Ed). *Biological diversification in the tropics*. Columbia University Press, New York. 1982.
- QUINTELA, C. E. An S.O.S. for Brazil's beleguered Atlantic Forest. *Nature Conservancy Magazine*, 40: 412-416. 1990.
- RANTA, P., BROM, T., JOENSUU, E. e MIKKO, S. The fragmented Atlantic forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. *Biodiversity and Conservation* 7: 385-403. 1998.
- SALES, F. J. M. *Saúvas: comportamento, domesticação e aleloquímicos*. EdiAtta.

Fortaleza. 1998. 326p.

SAUNDERS, D. A., HOBBS, R. J. e MARGULES C. R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 18-32. 1991.

SCHULTZ, T. R. e MEIER, R. A phylogenetic analysis of the fungus-growing ants (Hymenoptera: Formicidae: *Attini*) based on morphological characters of the larvae. *Systematic Entomology* 20: 337-370. 1995.

SILVA, J. M. C. e TABARELLI, M. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeastern Brasil. *Nature*, 404: 72-74. 2000.

STEVENS, S. M. e HUSBAND, T. P. The influence of edge on small mammals: evidence from Brazilian Atlantic forest fragments. *Biological Conservation* 85: 1-8. 1998.

TABARELLI, M., SILVA, J. M. C. e GASCON, C. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity and Conservation* 1-7. 2003.

TURNER, I. M. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* 33: 200-209. 1996.

VASCONCELOS, H. L. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in Central Amazonia. *Biodiversity and Conservation* 8: 409-420. 1999.

VIANA, V. M. e TABANEZ, A. A. J. Biology and conservation of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest. In: SCHELHAS J & GREENBERG R (Eds.). *Forest Patches in Tropical Landscapes*. Island Press, Londres. 1996.

VIANA, V., TABANEZ, A. J. e BATISTA, J. Dynamics and restoration of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest. In: LAURANCE, W.F. e

- BIERREGAARD JR, R.O. (Eds.). *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. University of Chicago Press, Chicago, 1997, p.351-366.
- WHITMORE, T. C. Tropical forest disturbance, disappearance, and species loss. In: LAURANCE, W. F. e BIERREGAARD JR., R. O. (Eds.). *Tropical forest remnants: Ecology, management, and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press. Chicago. 1997, p. 3-12.
- WILCOX, B. e MURPHY, D. D. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *American Naturalist* 125: 879-887. 1985.
- WIRTH, R., BEYSCHLAG, W., HERZ, H., RYEL, R. J. e HÖLLDOBLER, B. *The herbivory of leaf-cutting ants. A case study on Atta colombica in the tropical rainforest of Panama*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag. 2003.
- WIRTH, R., BEYSCHLAG, W., RYEL, R. J. e HOLLDOBLER, B. Annual foraging of the leaf-cutting ant *Atta colombica* in a semideciduous rain forest in panama. *Journal of Tropical Ecology* 13: 741-757. 1997.

MANUSCRITO A SER SUBMETIDO AO PERIÓDICO *ENTOMOLOGIA*
EXPERIMENTALIS ET APPLICATA

Fragmentação florestal: redução no controle da formiga cortadeira *Atta cephalotes* por moscas parasitóides

Redução no controle topo-base de *Atta cephalotes* por forídeos

Walkiria Rejane de Almeida¹, Rainer Mathias Wirth² & Inara Roberta Leal¹

¹Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco

Av. Prof. Moraes Rego s/nº. Cidade Universitária, 50670-901, Recife, PE. Brasil.

E-mails: walreal@yahoo.com.br, irleal@ufpe.br;

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

Kaiserslautern, Germany. E-mail: wirth@rhrk.uni-kl.de.

RESUMO

Nesse estudo nós testamos a hipótese que formigas cortadeiras (*Atta* sp.) sofrem um controle menos intenso das moscas Phoridae em áreas fragmentadas. Para avaliar diferenças na ação dos parasitóides devido ao efeito de borda, foram marcadas cinco colônias no interior e na borda de um fragmento de 3.000 ha (área controle). Adicionalmente, para verificar o efeito da redução e isolamento do habitat, outras cinco colônias foram marcadas em um fragmento de 300 ha. Foram realizadas perturbações nas colônias e registrada a ação desses parasitóides. Os resultados indicam maior abundância de parasitóides, menor tempo de aparecimento e maior taxa de ataque no interior da área controle. Nós concluímos que a fragmentação de habitats afeta a abundância e distribuição das moscas, bem como a taxa de ataques às formigas, podendo, dessa forma, comprometer o potencial efetivo de parasitismo. Portanto, podemos assumir que as populações de forídeos constituem um mecanismo de regulação populacional mais intenso para as colônias de *Atta cephalotes* em áreas mais preservadas.

Palavras-chave: Controle topo-base, fragmentação florestal, interação trófica, *Atta cephalotes*, Phoridae.

INTRODUÇÃO

A fragmentação de florestas tropicais tem se intensificado nas últimas décadas, com uma taxa de desmatamento que excede 150.000km² anualmente, resultando em uma paisagem fragmentada (Whitmore 1997). As conseqüências primárias dessa fragmentação são: (1) a redução e isolamento dos habitats e (2) o aumento na razão borda/interior dos remanescentes, que resultam em modificações físicas conhecidas como efeito de borda (Saunders *et al.* 1991). Essas mudanças levam a alterações na composição das espécies, nos processos ecológicos e, portanto, na estrutura da floresta (Laurance 1997, Murcia 1995).

Como herbívoros dominantes, as formigas cortadeiras (Formicidae, Myrmicinae, Attini) formam um grupo particularmente importante em florestas neotropicais, desempenhando papéis fundamentais no funcionamento desse ecossistema (Hölldobler & Wilson 1990, Vasconcelos 1999). Além disso, como são sensíveis às mudanças no ambiente, são consideradas boas ferramentas para avaliar respostas bióticas devido a alterações nas condições ambientais (Oliver & Beattie 1996).

Essas formigas são parasitadas por várias espécies de moscas da família Phoridae (Feener & Moss 1990), cuja presença altera o comportamento das operárias e diminui sua capacidade de forrageamento através da redução no tamanho das trilhas, e no tamanho e número de fragmentos vegetais transportados até a colônia (Erthal & Tonhasca-Jr 2000, Feener & Brown 1997, Orr 1992). Desta forma, as moscas forídeas causam impacto na sobrevivência da colônia, constituindo assim, um fator de regulação populacional do tipo topo-base.

O controle topo-base dá-se em situações em que um nível trófico depende dos efeitos de consumo do nível trófico superior (Begon *et al.* 1996). Como os níveis

tróficos superiores são mais fortemente afetados durante o processo de fragmentação (Kruess & Tscharntke 1994), nós supomos que formigas cortadeiras sofram um controle menos intenso das moscas forídeas em áreas fragmentadas. Assim, o objetivo desse estudo é avaliar a ação destes parasitóides como reguladores das populações de *Atta cephalotes* (Linnaeus 1875) em fragmentos florestais. Para isso, testaremos as hipóteses de que, em áreas perturbadas como bordas de floresta e fragmentos, nós encontraremos menor abundância e riqueza de forídeos, maior tempo de encontro destes parasitóides com seus hospedeiros e, por fim, menor taxa de ataque às formigas cortadeiras.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Este estudo foi conduzido em remanescentes da floresta Atlântica nordestina, pertencentes à Usina Serra Grande, situados no município de Ibateguara, no norte do estado de Alagoas, Brasil (8° 30'S, 35° 50'W). Estes remanescentes encontram-se em terreno montanhoso (até 600m), onde há predominância dos solos cambissolos eutróficos e planossolos solódicos (IBGE 1985). A região apresenta clima tropical quente e úmido, com temperatura variando entre 16 e 40°C e precipitação média anual de aproximadamente 2.000mm, com os meses mais secos entre novembro e janeiro (<60mm por mês; Depto. Agrônômico da Usina Serra Grande). A vegetação é classificada como Floresta Ombrófila Aberta Baixo-Montana, e possui três estratos arbóreos (4-6m, 15-20m, 25-30m) com as famílias Leguminosae, Lauraceae, Euphorbiaceae, Melastomatacae e Sapotaceae as mais dominantes (Veloso et al. 1991).

Seleção dos fragmentos e das colônias de A. cephalotes

A Usina Serra Grande possui aproximadamente 9.000 ha de floresta, distribuídas em fragmentos de diversos tamanhos circundados por canaviais. Para esse estudo nós selecionamos dois fragmentos: um com aproximadamente 3.000 ha, sendo utilizado como área controle, e outro com cerca de 300 ha.

A fim de avaliar diferenças na ação dos parasitóides sobre as formigas cortadeiras devido ao efeito de borda, foram selecionadas cinco colônias adultas de *A. cephalotes* no interior e cinco na borda da área controle. Já para avaliar diferenças na ação dos parasitóides devido à redução do habitat, outras cinco colônias foram selecionadas no fragmento. Assim, foram monitoradas um total de 15 colônias. Para este estudo a extensão de borda admitida foi de 100m (*cf.* Laurance *et al.* 1998a, b).

Período de atividade dos parasitóides

Para verificar o período de atividade dos forídeos, três colônias de *A. cephalotes* foram visitadas a cada duas horas, ao longo de um dia (24h). Em cada visita foi estimado o número de forídeos nas trilhas de forrageamento e nos olheiros de limpeza ativos, durante o tempo fixo de cinco minutos. A partir do estabelecimento do horário de maior atividade dos forídeos, as demais observações foram tomadas nesse período.

Riqueza e abundância de parasitóides

Para determinar a riqueza e a abundância de forídeos, foram montados quatro cartões com 12 x 12 cm em cada colônia, sendo dois em trilhas de forrageamento e dois nas entradas de limpeza. Esses cartões foram confeccionados em cartolina e impregnados com Tangle Foot[®] em ambos os lados (*cf.* Rao 2000). Estas armadilhas permaneceram no campo por 72 horas, onde o material capturado foi coletado e levado

para o laboratório. Os forídeos foram separados em morfoespécies, acondicionados em álcool 70% GL, e enviados ao Dr. Brian Brown (Natural History Museum of Los Angeles, Los Angeles) para identificação.

Ação dos parasitóides

Como as colônias de *A. cephalotes* em Serra Grande apresentaram atividade predominantemente noturna, período no qual a atividade dos forídeos é muito baixa, nós tivemos que provocar perturbações nas colônias para causar a saída de soldados e, assim atrair os forídeos. Nós realizamos uma perturbação mecânica introduzindo uma vara flexível com aproximadamente um metro de comprimento na entrada do ninho e agitamos vigorosamente durante um minuto (*cf.* Whitehouse & Jaffe 1996). A partir da saída da primeira formiga, o tempo de aparecimento do primeiro forídeo foi cronometrado, e o número de forídeos atraídos e de ataque às operárias foram monitorados durante 10 minutos. Para minimizar as variações no tempo de saída das formigas causadas pela distância entre a fonte de perturbação e a câmara das formigas, este método foi repetido em três olheiros de limpeza sorteados aleatoriamente, totalizando 30 minutos por colônia.

Sazonalidade

A fim de investigar o efeito das variações sazonais sobre a ação, riqueza e abundância dos parasitóides, todos os procedimentos descritos foram repetidos bimensalmente ao longo de um ano, totalizando seis coletas, três para a estação seca (novembro de 2002, janeiro e setembro de 2003) e três para a estação chuvosa (março, maio e julho de 2003).

Análise estatística

Para verificar as diferenças na ação dos parasitóides, entre habitats (interior, borda e fragmento) e estações (seca e chuvosa), foi utilizada a ANOVA – dois fatores seguida de Tukey *a posteriori* (Zar 1996). Para todos os parâmetros analisados foram testadas a normalidade dos resíduos (Kolmogorov-Smirnov/Lilliefors) e a homogeneidade das variâncias (Cochran C.). Os dados usados nas análises foram transformados utilizando-se Log 10 (n + 1). Das três medidas registradas por colônia foi utilizada apenas aquela que apresentou o número máximo de forídeos atraídos e de ataques às operárias, ou o tempo mínimo de aparecimento do primeiro forídeo, indicando assim, o potencial máximo de parasitismo dos forídeos na área de estudo. Foram excluídas das análises as medidas nas quais não houve a ocorrência de forídeos durante o período de observação. Todos os testes foram realizados no programa Statistica. Todos os resultados (item) serão apresentados na forma de média $\pm$ erro.

RESULTADOS

Espécies de parasitóides de A. cephalotes

Este trabalho registrou a ocorrência de dois gêneros parasitóides de *A. cephalotes* na área estudada. O gênero *Neodohniphora* Malloch com quatro espécies: *Neodohniphora arcuata* Brown, *Neodohniphora attae* Disney, *Neodohniphora dissita* Brown, *Neodohniphora prolixa* Brown, e o gênero *Myrmosicarius* Borgmeier com uma espécie: *Myrmosicarius sp.*

Ação dos parasitóides

O número de forídeos atraídos após a perturbação do ninho foi significativamente diferente entre os habitats estudados ($F = 6,81$, $gl = 2$, $p < 0,001$). No interior da área controle foi registrado $4,63 \pm 0,37$ forídeos, sendo significativamente maior quando comparado com as áreas de borda e fragmento, onde foram registrados $3,20 \pm 0,36$ e $2,91 \pm 0,42$ forídeos, respectivamente ($p < 0,015$; Figura 1). Não houve diferença significativa entre as áreas de borda e fragmento. O número de forídeos atraídos também variou entre as estações ($F = 21,06$, $gl = 1$, $p < 0,001$), com a estação chuvosa apresentando uma maior abundância ($4,51 \pm 0,295$ forídeos) que a estação seca ($2,65 \pm 0,33$; $p < 0,001$; Figura 1). A interação entre esses dois fatores não foi significativa.

Da mesma forma, o número de ataques às operárias variou entre os habitats ($F = 10,081$, $gl = 2$, $p = 0,0001$), com o maior número de ataques sendo registrado no interior da área controle ($7,31 \pm 0,85$ ataques), sendo significativamente diferente das áreas de borda ($2,83 \pm 0,815$ ataques) e fragmento ($3,41 \pm 0,94$ ataques; $p < 0,0045$; Figura 2). As áreas de borda e fragmento não apresentaram diferenças entre si. Também houve diferença entre as estações ($F = 5,717$, $gl = 1$, $p = 0,019$). Durante a estação chuvosa, foram registrados $5,84 \pm 0,665$ ataques às operárias enquanto que durante a estação seca o número de ataques foi de $3,19 \pm 0,75$ ataques ($p < 0,018$; Figura 2). Também não foi encontrada interação significativa entre habitat/estação.

O tempo de aparecimento do primeiro forídeo após a saída das formigas também variou entre os habitats ($F = 8,38$, $gl = 2$, $p < 0,001$). No interior da área controle, os forídeos levaram $28,79 \pm 15,89$ segundos para perceber a perturbação, enquanto que nas áreas de borda e fragmento, o tempo de encontro foi de $63,0 \pm 15,32$ e $85,87 \pm 17,69$ segundos, respectivamente. O habitat interior só foi significativamente maior do que o

fragmento ($p = 0,001$) e os habitats de borda e fragmento não apresentaram diferenças entre si (Figura 3). O tempo de aparecimento do primeiro forídeo também diferiu entre as estações ($F = 21,53$, $gl = 1$, $p < 0,001$). Durante a estação chuvosa, os forídeos demoram $35,16 \pm 12,51$ segundos para detectarem as formigas enquanto que na estação seca, o tempo necessário foi de $83,28 \pm 14,115$ segundos (Figura 3). A interação habitat/estação foi significativa ($F = 4,41$, $gl = 2$, $p = 0,015$).

DISCUSSÃO

Nesse estudo nós testamos a hipótese que o processo de fragmentação reduz o controle exercido pelas moscas forídeas sobre as formigas cortadeiras *A. cephalotes*. Os resultados corroboram essa hipótese, havendo maior tempo de aparecimento dos forídeos, menor número de forídeos atraídos e menor número de ataques às formigas no fragmento.

A atividade dos forídeos é usualmente reportada na literatura como sendo exclusivamente diurna (Feener & Brown 1993, Orr 1992, Tonhasca-Jr 1996), padrão encontrado também no nosso estudo. Contudo, há poucos trabalhos sobre a atividade desses parasitóides. (e.g. Pesquero et al. 1996, Young 1986). Além disso, Brown & Feener (1995) observaram ataques noturnos de forídeos às formigas cortadeiras. Esta observação também foi registrada nesse estudo, sendo observados forídeos sobrevoando as trilhas de forrageamento à noite. Assim, faz-se necessário pesquisas mais detalhadas sobre a biologia comportamental desses parasitóides para se obter padrões mais consistentes.

Outro resultado encontrado nesse estudo, durante as observações nos ciclos de 24 horas, foi a presença de forídeos sobrevoando as formigas que estavam forrageando e

aquelas que realizam a limpeza dos ninhos. Muitos estudos mostram que os forídeos apresentam preferência por determinadas castas (Brown 1997), uma vez que, apresentam necessidades específicas para realizar a oviposição (Brown 1999, Feener & Brown 1993, Feener & Moss 1990). Assim, padrões de especificidade dos parasitóides resultam em diferentes comportamentos de ataque, alterando, dessa forma, a distribuição e atividade desses insetos.

A relação entre a mosca forídea e seu hospedeiro é espécie – específica, entretanto, existem algumas espécies de formigas cortadeiras que são parasitadas por mais de uma espécie de forídeo (Feener & Moss 1990). Esse trabalho registrou a ocorrência de cinco espécies de parasitóides de *A. cephalotes* na região de Serra Grande. Todas as espécies encontradas nesse estudo já haviam sido descritas como parasitóides de *A. cephalotes* (Brown 1999). A ocorrência de várias espécies de forídeos parasitando a mesma espécie de formiga é, possivelmente, decorrente do uso diferenciado dos hospedeiros (Feener & Brown 1993, Feener & Moss 1990, Brown 1999).

Algumas espécies de forídeos apresentam atividade sazonal (Brown 1999), e as variações nas abundâncias das duas morfoespécies registradas nesse trabalho podem estar relacionadas às alterações decorrentes dessa sazonalidade. Feener & Moss (1990) observaram que a espécie *Apocephalus colombicus* somente é encontrada durante a estação seca. Em contraste, Feener (1988) registrou diferentes espécies desse gênero durante a estação chuvosa. Em adição, Brown & Feener (1995) detectaram um aumento na abundância de espécies do gênero *Apocephalus* no início do período chuvoso.

As diferenças nas abundâncias das morfoespécies registrada pelos dois métodos de amostragem (cartões e perturbações) desse trabalho podem estar relacionadas com a eficiência da armadilha, uma vez que as condições climáticas (altas temperatura e eventos de chuva) ocasionam alterações nas propriedades do material utilizado. Em

adição, os cartões foram montados em locais onde havia registro de atividade recente das formigas, apesar de imprevisto o acontecimento dessas atividades no período de coleta (72 horas), tornando esse método menos confiável.

A perda de espécies é uma das consequências mais marcantes da fragmentação de florestas (Turner, 1996). Contudo, essa perda não é randômica com relação ao papel trófico (Didham *et al.* 1998). As espécies dos níveis tróficos superiores são mais vulneráveis à extinção em áreas fragmentadas e, por essa razão, são as primeiras a desaparecerem localmente (Didham *et al.* 1998, Kruess & Tscharntke 1994, Rao *et al.* 2001). Vários estudos têm demonstrado que populações de parasitóides são afetadas pela fragmentação e isolamentos dos habitats (Kruess & Tscharntke 1994), tamanho dos fragmentos (Rao 2000), e grau de perturbação da área (Golden & Crist 1999). Nesse estudo, nós registramos maior tempo de aparecimento dos forídeos, menor número de forídeos atraídos e menor número de ataques às formigas no fragmento, indicando que a atividade destes parasitóides é afetada pelo processo de fragmentação. As diferenças encontradas na ação dos parasitóides entre as estações seca e chuvosa sugerem que as características físicas do ambiente influenciam diretamente a dinâmica populacional desses insetos, e, dessa forma, o efeito de borda afeta negativamente as populações de parasitóides, desestabilizando assim as interações entre esses e seus hospedeiros (Kruess & Tscharntke 2000).

Concluimos, portanto, que a fragmentação de habitats afeta a abundância dos forídeos parasitóides de *A. cephalotes* na região de Serra Grande, bem como, a taxa de ataques às formigas, podendo, dessa forma, comprometer o potencial efetivo de parasitismo. O efeito de borda parece ser a principal causa para os distúrbios ocasionados na dinâmica populacional desses insetos, uma vez que o dessecamento do ambiente está relacionado com a redução na atividade dos forídeos. Assim, pode-se

assumir que as populações de forídeos constituem um mecanismo de regulação populacional mais intenso (controle topo-base) para as colônias de *A. cephalotes* localizadas em áreas mais preservadas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Usina Serra Grande, à Conservation International e ao Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste pelo apoio logístico, à CAPES/ DFG e CNPq pelo apoio financeiro ao projeto e ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado para Almeida W. R. Ao Dr. Brian Brown pela identificação das espécies de forídeos.

LITERATURA CITADA

- Begon M, Happer JL & Townsens CR (1996). *Ecology: individuals, populations and communities*. Blackwell, Boston.
- Brown BV & Feener DH (1995) Efficiency of two mass sampling methods for sampling phorid flies (Diptera: Phoridae) in a Tropical Biodiversity survey. *Contributions in Scienc* 459: 1-10.
- Brown BV (1997) Revision of the *Apocephalus attophilus*-group of ant-decapitating flies (Diptera: Phoridae). *Contributions in Science* 468: 1-60.
- Brown BV (1999) Differential host use by Neotropical Phorid flies (Diptera: Phoridae) that are parasitoids of ants (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 33: 95-103.
- Didham RK, Hammond PM, Lawton JH, Eggleton P & Stork NE (1998) Beetle species responses to tropical forest fragmentation. *Ecological Monographs* 68: 295-323.
- Erthal M Jr. & Tonhasca A Jr. (2000) Biology and oviposition behavior of the phorid *Apocephalus attophilus* and the response of its host, the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 95: 71–75.
- Feener DH Jr. & Brown BV (1993) Oviposition behavior of an ant-parasitizing fly, *Neodohniphora curvinervis* (Diptera: Phoridae), and defense behavior by its leaf-cutting ant host *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Insect Behavior* 6: 675–688.
- Feener, DH. Jr. & Moss KAG (1990) Defense against parasites by hitchhikers in leaf-cutting ants: a quantitative assessment. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 26: 17–29.

- Feener DH Jr. (1988) Effects of parasites on foraging and defense behavior of a termitophagous ant, *Pheidole titanis* Wheeler (Hymenoptera: Formicidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 22: 421–427.
- Feener DH & Brown BV (1997) Diptera as parasitoids. *Annual Review of Entomology* 42: 73-97.
- Golden DM & Crist TO (1999) experimental effects of habitat fragmentation on old-field canopy insects: community, guild and species responses. *Oecologia* 118:371-380.
- Hölldobler B & Wilson EO (1990) *The ants*. Harvard University Press, Cambridge, USA.
- IBGE 1985. Atlas nacional do Brasil: região nordeste. IBGE, Rio de Janeiro.
- Kruess A & Tscharntke T (1994) Habitat fragmentation species loss and biological control. *Science* 264: 1581-1584.
- Kruess A & Tscharntke T (2000) Species richness and parasitism in a fragmented landscape: experiments and field studies with insects on *Vicia sepium*. *Oecologia* 122: 129–137.
- Laurance WF (1997) Hyper-disturbed parks: edge effects and the ecology of isolated rainforest reserves in tropical Australia. *Tropical forest remnants: Ecology, management, and conservation of fragmented communities* (ed, by Laurance WF & Bierregaard Jr. RO), pp. 71-83. University of Chicago Press, Chicago.
- Laurance WF, Ferreira LV, Rankin-de-Merona JM & Laurance SG (1998a) Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology* 79: 2032-2040.

- Laurance WF, Ferreira LV, Rankin-de-Merona JM, Laurance SG, Hutchings R & Lovejoy T (1998b) Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazon tree communities. *Conservation Biology* 12: 460-464.
- Murcia C (1995) Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58–62.
- Oliver I & Beattie AJ (1996) Designing a cost-effective invertebrate survey: a test of methods for rapid assessment of biodiversity. *Ecological Applied* 4: 594-607.
- Orr M (1992) Parasitic flies (Diptera: Phoridae) influence foraging rhythms and cast division of labor in the leaf-cutter ant, *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 30: 395–402.
- Pesquero MA, Campiolo S, Fowler HG & Porter SD (1996) Diurnal patterns of ovipositional activity in two *Pseudacteon* fly parasitoids (Diptera: Phoridae) of *Solenopsis* fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *Florida Entomologist* 79: 455–457.
- Rao M (2000) Variation in leaf-cutter ant (*Atta* sp.) densities in forest isolates: the potential role of predation. *Journal of Tropical Ecology* 16: 209–225.
- Rao M, Terborgh J & Nñes P (2001) Increased herbivory in forest isolates: implications for plant community structure and composition. *Conservation Biology* 15: 624-633.
- Saunders DA, Hobbs RJ & Margules CR (1991) Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 18-32.
- Tonhasca Jr. A (1996) Interactions between a parasitic fly, *Neodohrniphora declinata* (Diptera: Phoridae), and its host, the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*. *Ecotropica* 2:157:164.

- Turner IM (1996) Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* 33: 200-209.
- Vasconcelos HL (1999) Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in Central Amazonia. *Biodiversity and Conservation* 8: 409-420.
- Veloso HP, Rangel-Filho ALR & Lima JCA. (1991) Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro.
- Whitehouse MEA & Jaffe K (1996) Ant wars: combat strategies, territory and nest defense in the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. *Animal Behaviour* 51: 1207–1217.
- Whitemore TC (1997) Tropical forest disturbance, disappearance, and species loss. *Tropical forest remnants: Ecology, management, and conservation of fragmented communities* (ed, by Laurance WF & Bierregaard Jr. RO), pp. 3-12. University of Chicago Press, Chicago.
- Young AM (1986) Distribution and abundance of Diptera in flypaoers traps at *Theobroma cacao* L. (Sterculiaceae) flowers in Costa Rica cacao plantations. *Journal Kansas Entomology Society*. 59:580-587.
- Zar JH (1999) *Biostatistical Analysis*, 3rd edn. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.

Tabela 1. Abundância (média $\pm$ DP) das morfoespécies de forídeos registradas nos três habitats estudados e nas estações seca e chuvosa, Usina Serra Grande, Alagoas.

	Estação seca			Estação chuvosa		
	Interior	Borda	Fragmento	Interior	Borda	Fragmento
sp. 1	2,8 $\pm$ 1,64	6,5 $\pm$ 4,27	4 $\pm$ 0,81	3,67 $\pm$ 1,03	4 $\pm$ 3,08	4,6 $\pm$ 3,05
sp. 2	2,17 $\pm$ 1,17	3 $\pm$ 2,91	4 $\pm$ 2,64	4,25 $\pm$ 1,5	3,25 $\pm$ 1,5	2,25 $\pm$ 1,89

LEGENDA DAS FIGURAS

Figura 1. Número de forídeos observados sobre as trilhas de forrageamento e entradas de limpeza, ao longo dos ciclos de 24 horas, em três colônias de *A. cephalotes*, na Usina Serra Grande, Alagoas. (A) e (B) colônias localizadas na borda da área controle, (C) colônia localizada no fragmento.

Figura 2. Abundância total das morfoespécies registrada nos habitats estudados, nas estações seca e chuvosa, Usina Serra Grande, Alagoas. O quadrado e o triângulo representam a mediana, a caixa denota o quartiz e as barras representam a amplitude.

Figura 3. Ação dos forídeos nos três habitats, durante a estação seca. A) Tempo de aparecimento do primeiro forídeo (seg) após a perturbação da colônia, B) Número de forídeos atraídos, C) Número de ataques às operárias. Barras sinalizadas com letras diferentes denotam diferenças significativas ao nível de $p < 0,05$. O quadrado e o triângulo representam a mediana, a caixa denota o quartiz e as barras representam a amplitude.

Figura 4. Ação dos forídeos nos três habitats, durante a estação chuvosa. A) Tempo de aparecimento do primeiro forídeo (seg) após a perturbação da colônia, B) Número de forídeos atraídos, C) Número de ataques às operárias. Barras sinalizadas com letras diferentes denotam diferenças significativas ao nível de $p < 0,05$. O quadrado e o triângulo representam a mediana, a caixa denota o quartiz e as barras representam a amplitude.

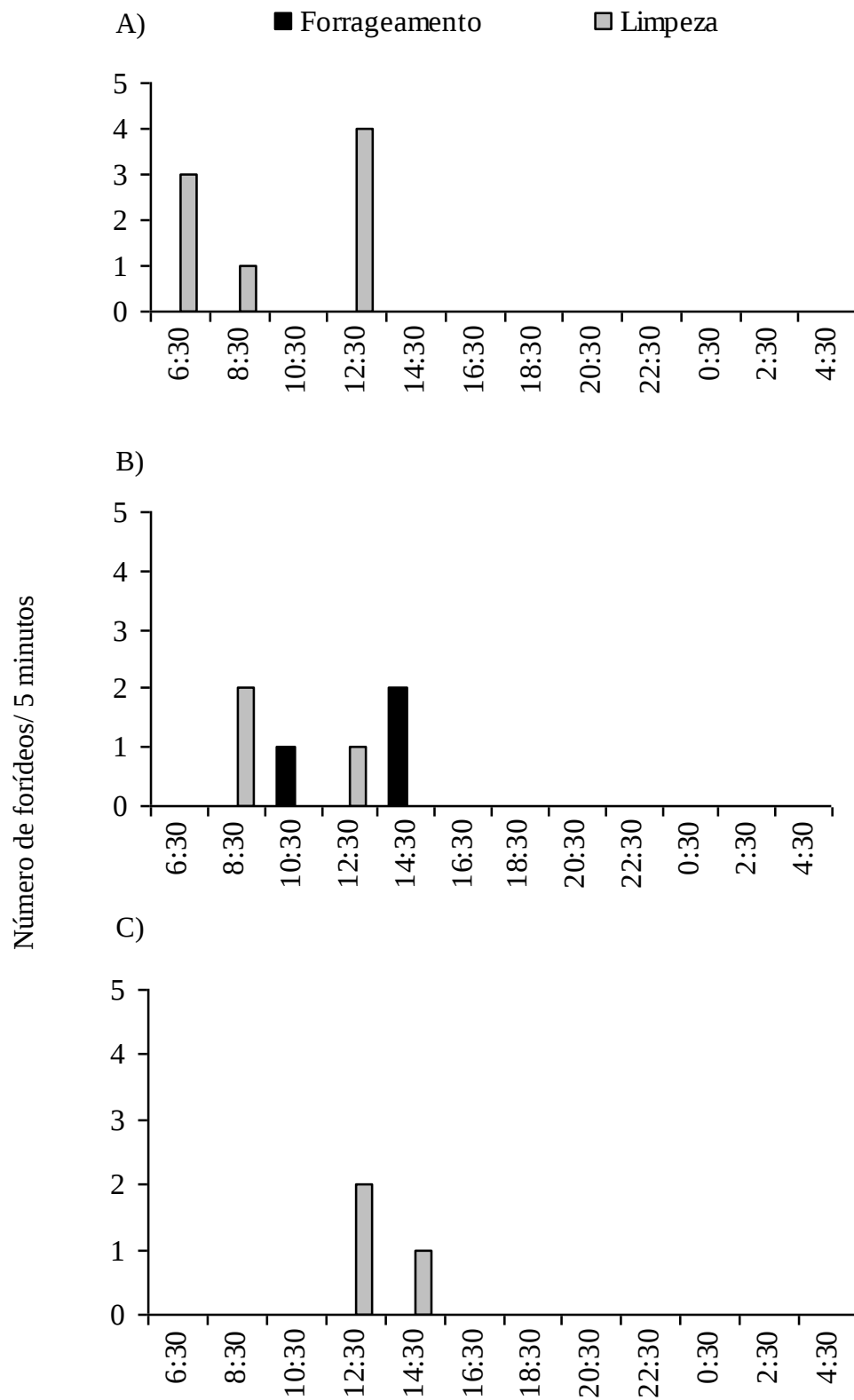


Figura 1.

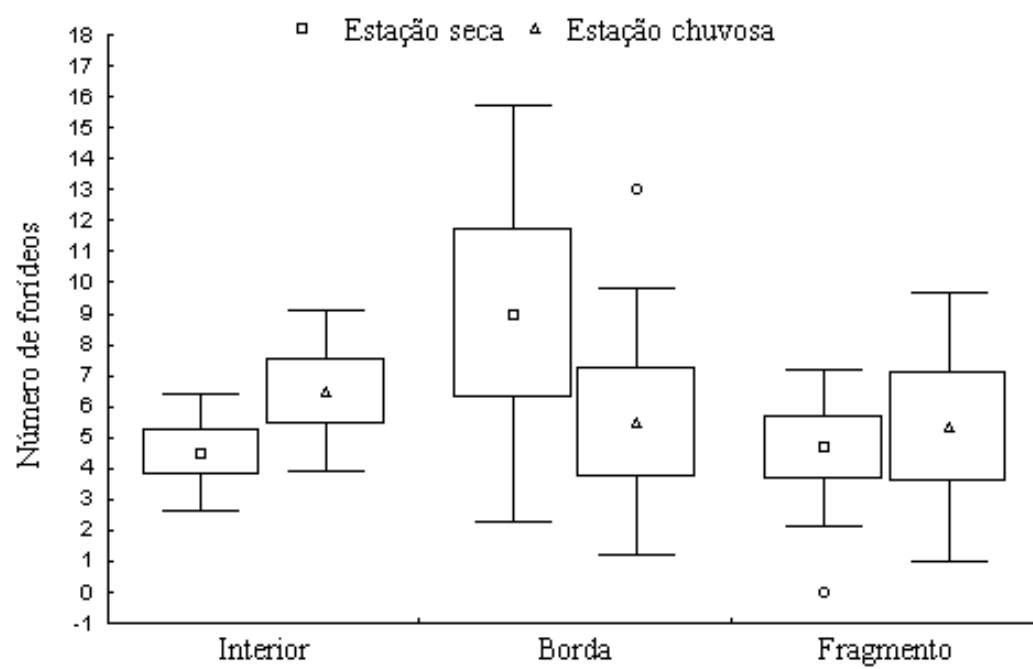


Figura 2.

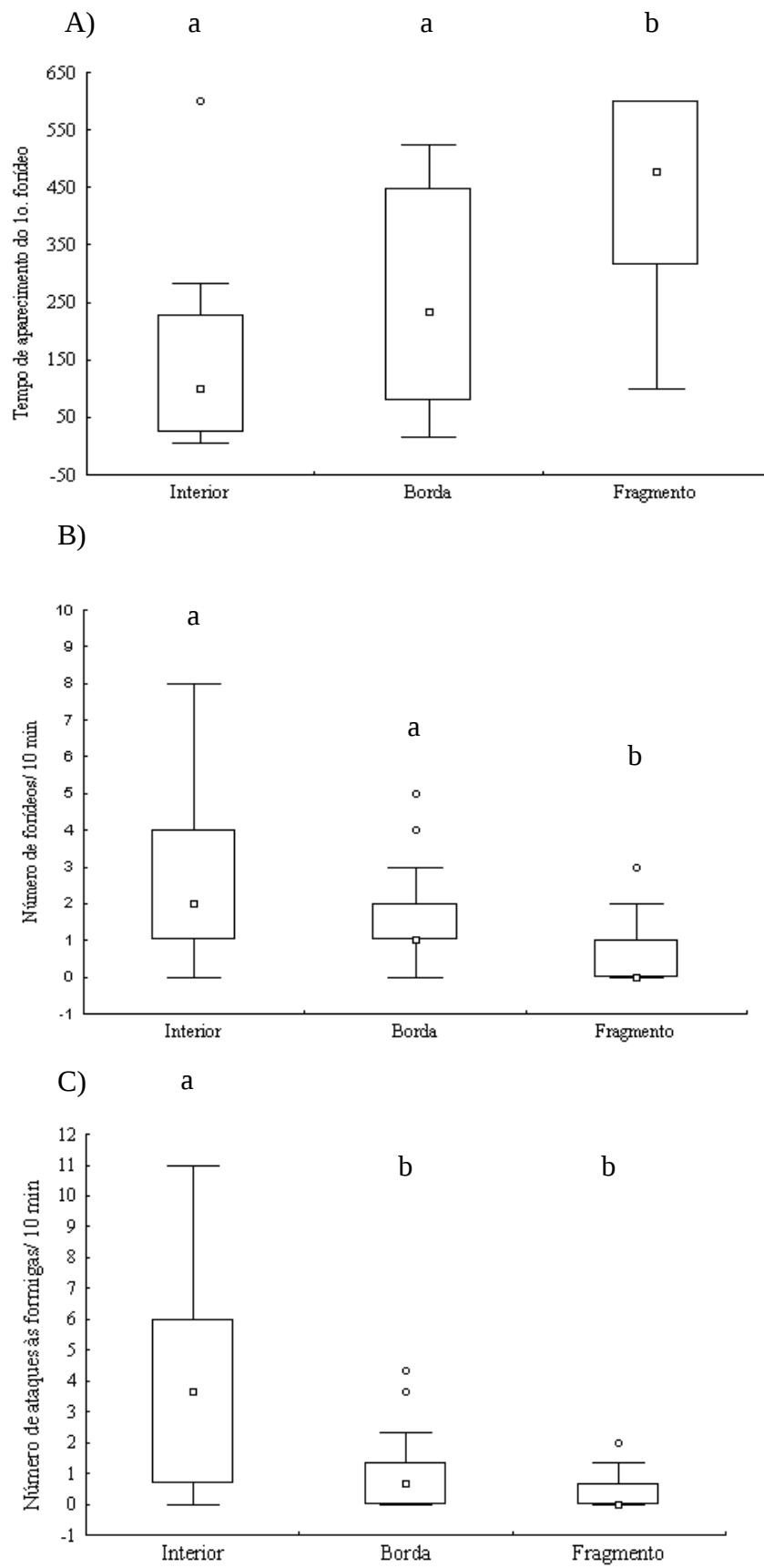


Figura 3.

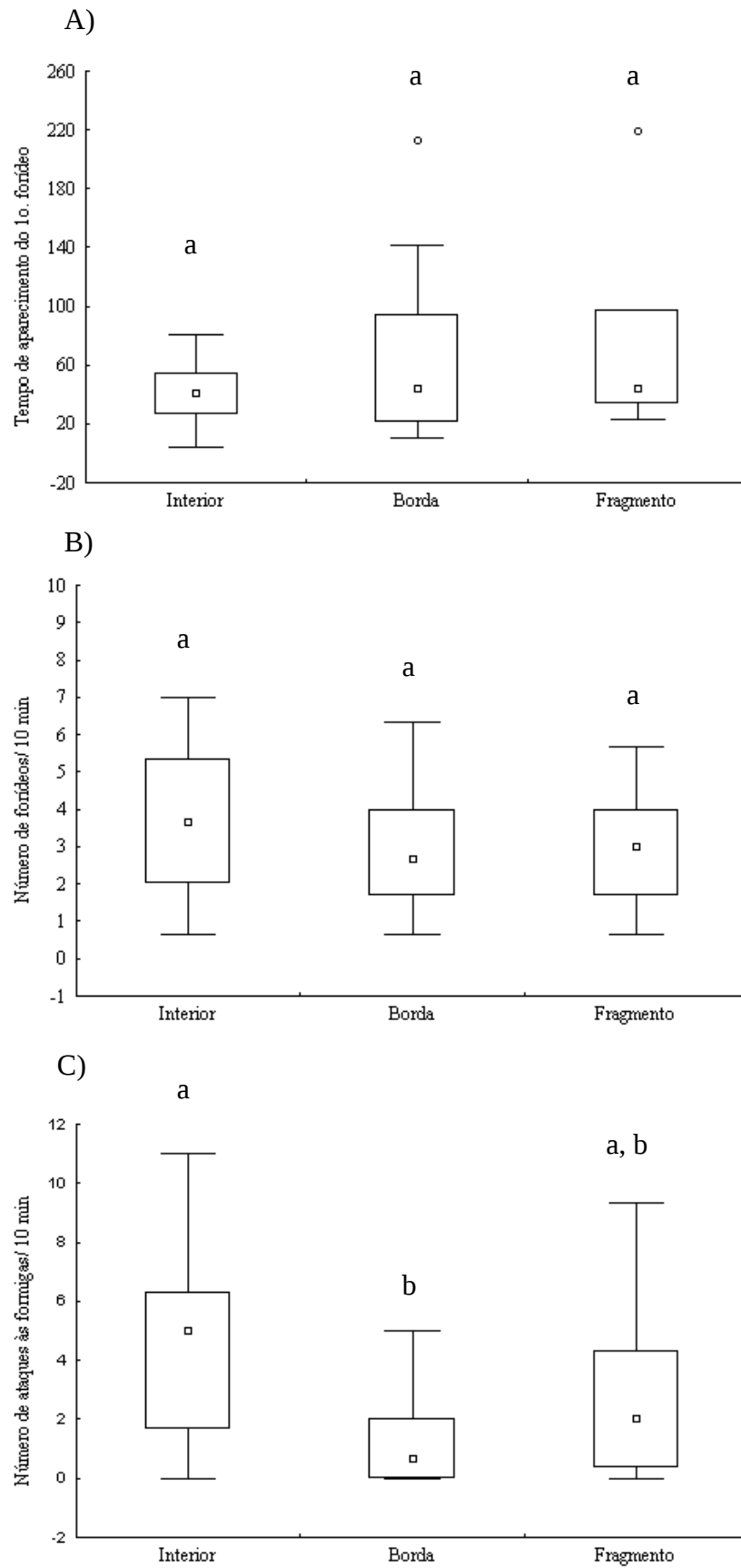


Figura 4.

CONCLUSÃO

Nós concluimos que a fragmentação de habitats afeta a abundância e distribuição das moscas da família Phoridae, bem como a taxa de ataques às formigas, podendo, dessa forma, comprometer o potencial efetivo de parasitismo. Portanto, podemos sugerir que as populações de forídeos constituem um mecanismo de regulação populacional topo-base menos intenso para as colônias de *Atta cephalotes* em áreas de bordas e pequenos fragmentos.

ANEXO

Normas para publicação no periódico *Entomologia Experimentalis et Applicata*

Entomologia Experimentalis et Applicata

Published on behalf of The Netherlands Entomological Society

Edited by:

S.B.J. Menken

Print ISSN: 0013-8703

Online ISSN: 1570-7458

Frequency: Monthly

Current Volume: 134 / 2010

ISI Journal Citation Reports® Ranking: 2008: 19/72 Entomology

Impact Factor: 1.281

Author Guidelines**Submission of manuscripts**

Manuscripts submitted to *Entomologia Experimentalis et Applicata*, or any part of the work described therein, must be original and must not be simultaneously under consideration for publication elsewhere. Work previously published in abstract form should be referred to in the introduction. The Editors cannot accept responsibility for damage to or loss of papers submitted to them.

Online

Manuscripts for *Entomologia Experimentalis et Applicata* should be submitted online at <http://mc.manuscriptcentral.com/eea>. Submission online enables the quickest possible review and allows online manuscript tracking. Manuscript submission online can be in Word document (.doc), or Rich Text Format (.rtf) which will be automatically converted to PDF for reviewing. Figures can be embedded in the native word processor file or may be uploaded separately in one of the following formats: GIF (.gif), JPEG (.jpg), TIFF (.tif), EPS (.eps). Figures uploaded separately in these file formats will be automatically converted to small jpegs/PDFS for reviewing.

Full upload instructions and support are available from the ScholarOne Manuscript Submission Site via the Get Help Now button (now button at top right corner of each page). When prompted online, please submit your covering letter or comments to the Editor-in-Chief including one or two sentences describing the contents of the paper and its relevance to the focus of the journal.

Pre-submission English-language editing

Authors for whom English is a second language may choose to have their manuscript professionally edited before submission to improve the English. A list of independent suppliers of editing services can be found here. All services are paid for and arranged by the author, and use of one of these services does not guarantee acceptance or preference for publication.

Author material archive policy

Please note that unless specifically requested, **Wiley-Blackwell will dispose of all electronic material submitted two months after publication.** If you require the return of any material submitted, please inform the editorial office or production editor as soon as possible if you have not yet done so.

Presentation of manuscripts

Authors using our EndNote Word formatting template to help them to present their article correctly can use the 'Submit an EndNote manuscript' option to speed submission when in our Manuscript Central submission site. Click here to download and unzip the template. Manuscripts, including the references, should be double-spaced, line & page numbered, and written in grammatically correct English. The title page should state the title of the paper, the names and addresses of the authors, a short title for running headlines, the full address of the corresponding author and up to 12 key words, which should not duplicate words in the title. An Abstract of not more than 300 words should include the reason why the work was carried out, the key techniques, the results and the major conclusions. The abstract should contain the full scientific name, followed by that of the family and tribe of the subject insect(s), along with the full name(s) of food plants, chemicals, etc. The Latin names of insects as well as plants should be followed by the name of the describer. Original articles should include, in the following order, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, References, Figure legends (starting on a separate sheet), Tables. The text should preferably be in MS Word (PC or Mac format) and the illustrations must be submitted according to the Wiley-Blackwell digital illustration standards (see below). The Editors reserve the right to adjust style to certain standards of uniformity.

The SI system of units should be used for all scientific and laboratory data; temperature should be expressed in degrees Centigrade. A table of commonly used SI units and their symbols is available to view by clicking the following link:
http://www.blackwellpublishing.com/pdf/eea_ifa.doc

Data that is integral to the paper must be made available in such a way as to enable readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in the paper. Any restriction on the availability of this data must be disclosed at the time of submission. Data may be included as part of the main article where practical. We recommend that data for which public repositories are widely used, and are accessible to all, should be deposited in such a repository prior to publication. The appropriate linking details and identifier(s) should then be included in the publication and where possible the repository, to facilitate linking between the journal article and the data. If such a repository does not exist, data should be included as supporting information to the

published paper or authors should agree to make their data available upon reasonable request.

Technical Notes

A short manuscript (up to four pages in print) that describes a new technique or rearing method, or substantial improvements of existing methods, or that presents data on the bio-activity of a novel substance may be submitted as a Technical Note. These short manuscripts should not have an abstract, and can be organized either along the lines of a regular manuscript or without subdivisions. Authors may also consider combining the results and discussion sections. Technical Notes should not present incomplete or preliminary data sets.

References

References in the text. References should be in the Harvard style, i.e. citations appear in the form (Smith, 1990; Smith & Jones, 1991, Smith et al., 1992), (Smith et al., 1990) or if only the year is given in brackets, there should be no comma after the author name, e.g., The results of recent work by Smith et al. (1992).... References to papers having three or more authors should give the name of the first author only, followed by et al.

Reference list. References should be listed alphabetically at the end of the article and should conform to the formats of the following examples. Journal titles should be given in full.

Journal article:

Dicke M & van Loon JJA (2000) Multitrophic effects of herbivore-induced plant volatiles in an evolutionary context. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 97: 237-249.

Book:

Gullan PJ & Cranston PS (1999) *The Insects. An outline of entomology*. 2nd edn. Blackwell Science, Oxford, UK.

Book chapter:

Shapiro M (1986) In vivo production of baculoviruses. *The Biology of Baculoviruses*, Vol. 2: Practical Application for Insect Control (ed. by RR Grandos & BA Federici) CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 31-62.

Where a DOI is included in a reference, it should be cited as follows:

Mazmanian SK, Ton-That H & Schneewind O (2001) Sortase-catalysed anchoring of surface proteins to the cell wall of *Staphylococcus aureus*. *Molecular Microbiology* 40: 1049-1057. doi:10.1046/j.1365-2958.2001.02411.x

or alternatively if it has not yet been allocated to an issue:

Mazmanian SK, Ton-That H & Schneewind O (2001) Sortase-catalysed anchoring of surface proteins to the cell wall of *Staphylococcus aureus*. *Molecular Microbiology*. doi:10.1046/j.1365-2958.2001.02411.x

References should be checked carefully to make sure that all references given in the text (and no others) appear in the list of references and that the spelling of authors names and the dates are correct.

We recommend the use of a tool such as EndNote or Reference Manager for reference management and formatting.

EndNote reference styles can be searched for
here:<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>

Reference Manager reference styles can be searched for
here:<http://www.refman.com/support/rmstyles.asp>

Illustrations

Illustrations must be in a finished form ready for reproduction. All lettering in the figures, where possible, should be in 'Arial' font. Subdivided figures should be lettered A, B, etc. in the top left hand corner. The maximum figure size is 175 x 224 mm. Magnifications should be indicated by scale bars. Labelling should be clear and sized appropriately for the intended final size that the figure is intended to appear in the journal. Figures should be referred to in the text as (Figure 10). Authors may be asked to reduce the number of figures if some are considered to be inessential.

Electronic artwork. We would like to receive your artwork in electronic form. Save line art (vector graphics), uncompressed if possible, in Encapsulated PostScript (.eps) format and bitmap files (halftones or photographic images) in Tagged Image Format Files (.tif). The Editor will ask for these final versions of figures after the manuscript has been accepted for publication.

Detailed information on the submission of electronic artwork can be found at <http://www.blackwellpublishing.com/bauthor/journal.asp>

Exclusive Licence Form

Authors will be required to sign an Exclusive Licence Form (ELF) for all papers accepted for publication. Signature of the ELF is a condition of publication and papers will not be passed to the publisher for production unless a signed form has been received. Please note that signature of the Exclusive Licence Form does not affect ownership of copyright in the material. (Government employees need to complete the Author Warranty sections, although copyright in such cases does not need to be assigned). After submission authors will retain the right to publish their paper in various medium/circumstances (please see the form for further details). To assist authors an appropriate form will be supplied by the editorial office. Alternatively, authors may like to download a copy of the form [Here](#).

OnlineOpen

OnlineOpen is available to authors of primary research articles who wish to make their article available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article. With OnlineOpen the author, the author's funding agency, or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley InterScience, as well as deposited in the funding agency's preferred archive. For the full list of terms and conditions, see

http://www3.interscience.wiley.com/authorresources/onlineopen.html#OnlineOpen_Terms.

Any authors wishing to send their paper OnlineOpen will be required to complete the payment form available from our website at:

http://www.blackwellpublishing.com/pdf/eea_OOF.pdf

Prior to acceptance there is no requirement to inform an Editorial Office that you intend to publish your paper OnlineOpen if you do not wish to. All OnlineOpen articles are treated in the same way as any other article. They go through the journal's standard peer-review process and will be accepted or rejected based on their own merit.

Colour Illustrations

It is the policy of *Entomologia Experimentalis et Applicata* for authors to pay the full cost for the reproduction of their colour artwork, with the exception of colour figures in Mini Review articles. In the event that an author is not able to cover the costs of reproducing colour figures in colour in the printed version of the journal, *Entomologia Experimentalis et Applicata* offers authors the opportunity to reproduce colour figures in colour for free in the online version of the article (but they will still appear in black and white in the print version). If an author wishes to take advantage of this free colour-on-the-web service, they should liaise with the Editorial Office to ensure that the appropriate documentation is completed for the Publisher.

Therefore, please note that if there is colour artwork in your manuscript when it is accepted for publication, Wiley-Blackwell require you to complete and return a colour work agreement form before your paper can be published. This form can be downloaded as a PDF* from the internet. If you are unable to download the form, please contact the Production Editor at the address below and they will be able to email a form to you.

Once completed, please return the form to the Production Editor at the address below:

Production Editor
Entomologia Experimentalis et Applicata
 Wiley-Blackwell
 101 George Street
 Edinburgh
 Scotland
 EH2 3ES

Fax: +44 (0) 131 226 3803
Email: eea@wiley.com

Any article received by Wiley-Blackwell Publishing with colour work will not be published until the form has been returned.

* To read PDF files, you must have Acrobat Reader installed on your computer. If you do not have this program, this is available as a free download from the following web address:

<http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>

Proofs

The corresponding author will receive an email alert containing a link to a web site. A working e-mail address must therefore be provided for the corresponding author. The proof can be downloaded as a PDF (portable document format) file from this site. Acrobat Reader will be required in order to read this file. This software can be downloaded (free of charge) from the following web site:

<http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>.

This will enable the file to be opened, read on screen and printed out in order for any corrections to be added. Further instructions will be sent with the proof. Hard copy proofs will be posted if no e-mail address is available. Excessive changes made by the author in the proofs, excluding typesetting errors, will be charged separately.

Early View

Entomologia Experimentalis et Applicata is covered by the Early View service. Early View articles are complete full-text articles published online in advance of their publication in a printed issue. Articles are therefore available as soon as they are ready, rather than having to wait for the next scheduled print issue. *Early View* articles are complete and final. They have been fully reviewed, revised and edited for publication, and the authors' final corrections have been incorporated.

Because they are in final form, no changes can be made after online publication. The nature of Early View articles means that they do not yet have volume, issue or page numbers, so Early View articles cannot be cited in the traditional way. They are therefore given a Digital Object Identifier (DOI), which allows the article to be cited and tracked before it is allocated to an issue. After print publication, the DOI remains valid and can continue to be used to cite and access the article. More information about DOIs can be found on the Web: <http://www.doi.org/faq.html>

Note to NIH Grantees

Pursuant to NIH mandate, Wiley-Blackwell will post the accepted version of contributions authored by NIH grant-holders to PubMed Central upon acceptance. This

accepted version will be made publicly available 12 months after publication. For further information, see www.wiley.com/go/nihmandate.

Offprints

A PDF offprint of the online published article will be provided free of charge to the corresponding author, and may be distributed subject to the Publisher's terms and conditions. Paper offprints of the printed published article may be purchased if ordered via the method stipulated on the instructions that will accompany the proofs. Printed offprints are posted to the correspondence address given for the paper unless a different address is specified when ordered. Note that it is not uncommon for printed offprints to take up to eight weeks to arrive after publication of the journal. For order enquiries please email: offprint@cosprinters.com

Online production tracking is now available for your article through Author Services.

Author Services enables authors to track their article - once it has been accepted - through the production process to publication online and in print. Authors can check the status of their articles online and choose to receive automated e-mails at key stages of production. The author will receive an e-mail with a unique link that enables them to register and have their article automatically added to the system. Please ensure that a complete e-mail address is provided when submitting the manuscript. Visit <http://authorservices.wiley.com/bauthor> for more details on online production tracking and for a wealth of resources including FAQs and tips on article preparation, submission and more.

List of abbreviations

ANCOVA analysis of covariance (not small caps)
 ANOVA analysis of variance (not small caps)
 °C Celsius/centigrade
 ca. (roman) circa/approx.
 c.p.m. counts per minute
 centrifugal force: use **g** rather than r.p.m. (except for blenders and stirrers)
 cv cultivar
 day not abbreviated
 d.f. degrees of freedom
 Department (not Dept)
 Dr doctor (not dr)
 e.g., always followed by a comma
 et al. (roman)
 Experiment (not Expt)
 F-value not italic
g centrifugal force; Use instead of r.p.m.
 g gram
 h hour
 i.e., always followed by a comma
 in vitro (roman)
 in vivo (roman)
 l litre

L16:D8 photoperiod indication
(not 16L:8D)
Mu symbol roman
min minute
n number, not in italics
The Netherlands
ns non-significant
P-value Always roman (not italic)
r.h. relative humidity
r.p.m. revolutions per minute - do not use! Supply value in **g** force
room temperature (do not abbreviate to RT)
s second
SD standard error
SEM standard error of the mean
U-test U not italic
UK (not Scotland, England, Wales, Northern Ireland, nor GB)
USA
vs. versus
vice versa (roman, no hyphen)
vol/vol volume by volume
week not abbreviated
year not abbreviated