

# RESPOSTAS DE INVERTEBRADOS A FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL E USO DA TERRA: IMPLICAÇÕES EM GRANDES ESCALAS

Harold G. FOWLER<sup>1</sup>  
Eduardo VENTICINQUE<sup>2</sup>

## RESUMO

Este trabalho discute um aspecto pouco tratado no Brasil, os invertebrados, com respeito a seu valor em conservação e como bioindicadores de mudanças ambientais. As aranhas e formigas, os maiores reguladores das populações de insetos, respondem rapidamente a perturbações da paisagem, com fortes alterações na composição, diversidade ecológica e abundância. Como as escalas espaciais das perturbações da paisagem produzidas pelo homem são primariamente dominadas por mudanças locais, por exemplo a implantação de áreas para agropecuária, seu efeito sobre as aranhas e formigas deve ser considerada em diferentes escalas espaciais e a magnitude do impacto também deve variar com o uso destinado a área em que a floresta foi removida. Entretanto poucos estudos investigam em que escala ocorre o limite do papel destes grupos como reguladores naturais de surtos de pragas.

## ABSTRACT

Here we discuss a little treated question in Brazil, invertebrates, with respect to their conservation value and as environmental indicators. Spiders and ants, the major regulators of insect populations, respond to landscape perturbations, with radical changes in ecological diversity and abundances. As the spatial scales of landscape perturbations caused by man are dominated by agricultural endeavors, their effect on spiders and ants is considered in different scales as natural regulators of pest outbreak species.

## INTRODUÇÃO

A atenção do mundo tem enfocada as mudanças climáticas em grandes escalas espaciais (SHUKLA *et alli* 1990) e nas conseqüências em pequenas escalas espaciais, como o impacto das atividades antropicas sobre populações e espécies de

vertebrados e plantas (MURPHY 1989). Sendo que a importância dos invertebrados nos ecossistemas neotropicais raramente é destacada. Essa falha é notável porque os invertebrados apresentam a maior riqueza de espécies, biomassa animal e diversidade ecológica que qualquer outro grupo animal vivo (WILSON 1987), apesar de representar densidades

(1) Instituto de Geociências, UNESP, 13500 Rio Claro-SP.

(2) Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, UNESP, 18400 Botucatu, SP.

baixas nas matas tropicais (ELTON 1975). Além disso, sob condições naturais, são os invertebrados que controlam o ciclagem de nutrientes e fluxo de energia nas florestas tropicais (BANDEIRA & TORRES 1985).

Os invertebrados também são as principais pragas agrícolas e ao mesmo tempo um importante regulador das populações destas pragas (FOWLER & ROMAGNAMO no prelo). Os principais grupos de predadores invertebrados são as aranhas e as formigas, que são abundantes e freqüentes na maior parte dos ecossistemas terrestres, especialmente nos trópicos (FOWLER & VIEIRA em preparo). Como esses grupos ocupam níveis tróficos superiores, os padrões que são registrados neste trabalho devem ser similares para outros grupos taxomônicos. Neste trabalho, enfocamos a Mata Atlântica e a Mata Amazônica, destacando o papel da fragmentação florestal e gradientes latitudinais sobre padrões de abundância e diversidade ecológica.

## RIQUEZA E DIVERSIDADE EM MATAS E ÁREAS DESMATADAS

As informações atuais sobre a biodiversidade de invertebrados em áreas desmatadas comparadas com áreas florestais indicam que as abundâncias das espécies são relativamente baixas nas matas, porém com riquezas maiores (ELTON 1973 1975, FOWLER 1995, JANZEN 1973, SAMWAYS 1989). A área de florestas nos trópicos está diminuindo rapidamente na medida que estas são substituídas por sistemas simplificados, sejam pastagens, fazendas, minerações, plantações de árvores, etc. Como esta área modificada não é contínua, o resultado é uma floresta fragmentada com parcelas de diferentes tamanhos, dando origem a uma paisagem que lembra uma colcha de retalhos. Qualquer que seja sua origem, essa paisagem pode ser manejada para diversos fins úteis. Uma das conseqüências deste fenômeno, é um aumento da área de contato entre a área florestal e desmatada. Essas bordas funcionam como filtros abruptos entre essas áreas, sendo que espécies características das duas áreas podem coexistir com outras espécies especialistas em ocupar este tipo de ambiente (SAMWAYS 1989). Por exemplo, para as aranhas que constroem teias, num fragmento florestal de 10 ha no Projeto Dinâmico Biológico de Fragmentos Florestais (INPA/Smithsonian Institution) 80 km ao norte de Manaus, existem 113 espécies presentes no interior do fragmento (mata) e 143 espécies presentes na borda (FOWLER & VIEIRA em preparo). Somente

25% das espécies se encontram nos dois ambientes, e destas, as espécies mais comuns num ambiente são raras no outro. Como as aranhas precisam de estruturas verticais para construir suas teias (CLAUSEN 1986), suas abundâncias e diversidades serão maiores nas bordas dos fragmentos devido ao adensamento da vegetação nesta área que conseqüentemente aumenta o número de estruturas suportes que podem ser utilizados pelas aranhas. Outro importante fator é um aumento na densidade de presas nestas áreas de borda (FOWLER *et alli* 1993), uma vez que a taxa fotossintética das plantas é maior em função do aumento de luminosidade, essas áreas tornam-se bastante atrativas para os insetos sugadores. Embora faltem estudos que demonstrem efetivamente quais espécies de aranhas são realmente boas bioindicadoras, suas características de responder rapidamente a perturbações ambientais, indicam que as aranhas são excelentes indicadores ambientais (DUFFEY 1966).

As formigas também são excelentes bioindicadores de mudanças ambientais (FOWLER & PESQUEIRO 1996, MAJER 1983). Nossos estudos (FOWLER *et alli* 1994) indicaram que ocorre uma redução forte no número de espécies de formigas associadas com o desmatamento no Vale do Ribeira.

Se somente foram consideradas as comunidades de formigas em campos, cerrados e áreas de produção pecuária no Mato Grosso, existem até 60 espécies de formigas por 100 m (BANDEIRA & TORRES 1985, FOWLER 1988). Essa riqueza é similar as riquezas encontradas para formigas do solo nas matas atlânticas e amazônicas. A riqueza de espécies de formigas em áreas abertas atestam como essas respondem a simplificação ambiental, apesar de não serem as mesmas espécies da mata nem do cerrado. Esses padrões aparentemente não têm uma ligação forte com latitude (FOWLER 1983, FOWLER & CLAVER 1991).

Nas áreas mais ligadas às atividades agropecuárias, como capoeira e pastagem na Amazônia, também ocorre padrões similares. Várias espécies de formigas são abundantes neste tipo de vegetação, principalmente dos gêneros *Ectatomma*, *Crematogaster* e *Azteca*, os quais são menos abundantes na mata. A recente invasão de formigas lava-pés (*Solenopsis spp.*) em povos ribeirinhos do Acre e Rondônia demonstra o desequilíbrio ambiental, levando a simplificação temporária da fauna (FOWLER, ROMAGNANO & DIAS 1991, FOWLER *et alli* 1994). Esse padrão simplificado é esperado para terras perturbadas (DE ANGELIS &

WATERHOUSE 1987). Para aranhas de teia, as áreas de borda têm 40% mais indivíduos que as áreas de floresta (FOWLER & VIEIRA em preparo) apesar da riqueza de espécies ser maior na mata. Como podemos explicar essas diferenças?

A estrutura de uma capoeira é bastante diferente de uma pastagem ou de uma floresta madura. A vegetação é densa e cresce rapidamente, sendo esta uma característica que favorece os homópteros e as formigas que os protegem. Essas áreas também atraem um grande número de outros insetos, aumentando a oferta de presas para espécies predadoras. Em coletas feitas na borda e interior da floresta na Amazônia central, a biomassa de insetos voadores na borda é aproximadamente 75% maior que na mata (FOWLER *et alii* 1993). Como as aranhas e formigas são predadoras generalistas, rapidamente podem mudar de um tipo de presa para outra, dependendo da disponibilidade (FOWLER & ROMAGNANO 1992).

Destacamos o papel das formigas nessas situações. Mesmo protegendo os homópteros, predam outros tipos de insetos herbívoros (FOWLER & CLAVER 1991), em particular, os lepidópteros e coleópteros, os quais chegam a ser muito mais abundantes (FOWLER *et alii* 1993). Para certos tipos de vegetações, a presença de homópteros e até benéfica, se estes não são vetores de doenças vegetais (FOWLER *et alii* 1989) e/ou se as populações de homópteros não causem estresse as plantas. Esse mesmo argumento pode ser extrapolado para cultivos agrícolas implantados nas áreas de borda. Obviamente, outros grupos de animais predadores, como aves, também respondem as variações das populações de insetos, mas seu papel como regulador das densidades é baixo (FOWLER & ROMAGNANO 1992).

Nas áreas de borda ou capoeira, as populações de invertebrados freqüentemente são reguladas por processos aleatórios. Nestes casos, devidas as populações pequenas de herbívoras e/ou de seus inimigos naturais específicos, a extinção é muito possível. Os programas de controle racional de pragas que empregam inimigos naturais nativos ou exóticos com preferência seletiva podem aumentar a variação anual das safras agrícolas e multiplicar os riscos de crédito agrícola. Nas áreas desmatadas, o manejo apropriado favorece os inimigos naturais generalistas, em particular, aqueles que possuem comportamentos que permitam que ocorra mudança do tipo de presa de forma dependente de densidade (FOWLER & ROMAGNANO 1992). Essa situação permite que os

herbívoros mais abundantes estejam sujeitos a regulação. As aranhas e as formigas são os melhores exemplos desses inimigos naturais nativos.

## AS FORMIGAS COMO PRAGA

Como já foi destacado, na borda algumas espécies de formigas de mata podem chegar a densidades altas, devido à maior oferta de alimento. Se as amplitudes ecológicas das espécies da mata não são suficientes, as espécies nativas podem ser substituídas por espécies exóticas (FOWLER, ROMAGNANO & DIAS 1991, FOWLER *et alii* 1994). Essa situação foi documentada no Vale do Ribeira onde espécies exóticas deslocaram espécies nativas de formigas em plantações (FOWLER *et alii* 1994). Em geral, as espécies nativas de formigas não conseguem lidar com as freqüentes perturbações produzidas pelo homem, como por exemplo, as aplicações de defensivos químicos usadas para controle de outros insetos. Neste caso o desmatamento com aplicações de defensivos químicos magnificam ainda mais o desequilíbrio favorecendo apenas poucas espécies mais resistentes e exterminando o restante da comunidade.

Problemas similares serão encontrados em qualquer parte da Mata Atlântica ou Mata Amazônica. Existem evidências que espécies adaptadas a perturbações, como *Solenopsis* spp. ou *Wasmannia auropunctata* dominam condições de desequilíbrio em plantações de cacau, guaraná, etc. (FOWLER 1990) Nestes casos, o problema principal é que as formigas não predam suficientemente as pragas, podendo manter populações de homópteros em níveis altas, conseqüentemente causando uma queda na produção. O uso de defensivos químicos em grande escala eliminam outras formigas competidoras que têm biologia mais adaptadas as condições das matas.

As formigas cortadeiras, saúva e quem-quem, também respondem a perturbações ambientais. Geralmente, as densidades destas formigas são baixas nas matas nativas (FOWLER & CLAVER 1991). Entretanto, as densidades de saúvas são geralmente maiores nas regiões desmatadas da Mata Atlântica, principalmente devido ao fato que existe um número maior de espécies nesta região (FOWLER 1983, FOWLER & CLAVER 1991). Já detectamos que espécies de saúvas do sul do Brasil estão rapidamente avançado ao norte nas áreas desmatadas para agricultura e agropecuária. Se for mantido a implantação de pastagens na Amazônia legal, a saúva *Atta laevigata* será um problema a

curto prazo, sendo acentuado a longo prazo com a chegada da saúva *Atta capiguara*, que atualmente está dispersando do Estado de São Paulo para o norte e sul do país.

As espécies de saúvas nativas a Mata Atlântica e a Mata Amazônica são principalmente espécies de borda. Para a implantação de culturas nestas áreas, o papel destas formigas é extremamente importante devido ao seu aumento de densidade que são provocados pela criação de habitats para colonização (FOWLER & CLAVER 1991), e possivelmente, pela redução de inimigos naturais. Devido a alteração destes gradientes ambientais, ocorre um aumento do número de espécies que colonizam esse tipo de habitat (DALE 1986, PALMER & DIXON 1990).

### ESCALAS ESPACIAIS E INTENSIDADE DE PERTURBAÇÕES

As possibilidades de inferir padrões e processos ecológicos em grandes escalas espaciais a partir de pequenas escalas espaciais são limitadas (ALLEN & STARR 1982, FOWLER & PESQUEIRO 1996, MURPHY 1989). Para os grupos considerados aqui, infere-se com base nos dados que existem para outros sistemas que são similares aos produzidos com o desmatamento e fragmentação das florestas tropicais (SAMWAYS, 1989). GARDNER *et alii* (1987) discutem o problema a partir de modelos neutros, e MURPHY (1989) e FOWLER *et alii* (1991) criticam os critérios de escalas e os organismos que são os alvos de programas de conservação. Porém, ainda faltam dados para quantitativamente avaliar as condições atuais.

Nossa visão tem base no conceito da organização ecológica pelos processos equilibrados e não equilibrados (DE ANGELIS & WATERHOUSE 1987). Nas bordas, em concordância com os dados existentes, as condições estão sempre fora do equilíbrio, implicando uma heterogeneidade espacial que favorece algumas espécies que são raras na mata e que dependem de perturbações para manter ou aumentar suas populações (GRASSLE & SANDERS 1973, PETRAITIS *et alii* 1989, SAMWAYS, 1989). Com o aumento da área desmatada, junto com perturbações adicionais, como inseticidas, a composição das espécies é radicalmente modificada (GRASSLE & SANDERS 1973), levando a condições de homogeneidade ambiental (ALLEN & STARR 1982, FOWLER & PESQUEIRO 1996, TURNER 1987). Com o aumento da homogeneidade, aumentam as

escalas espaciais da exploração de recursos (O'NEILL *et alii* 1992). Essa situação favorece às espécies que tem amplitudes de nicho maiores, como as espécies características do cerrado (DANTAS 1979) ou os insetos praga da agricultura (FOWLER & ROMAGNANO 1992). A alta diversidade vegetal das florestas tropicais possibilita que as plantas sofram taxas menores de herbivoria (HAY 1986) devido a heterogeneidade dos recursos, pois em geral a maioria das espécies vegetais são raras, dificultando bastante o crescimento populacional de herbívoros especialistas. Nesta situação a disponibilidade de recursos deve funcionar como um mecanismo de controle do tamanho das populações. Entretanto em sistemas agrícolas, esta situação é totalmente simplificada, sendo que uma espécie que consegue explorar o recurso tem um suprimento de alimentação que deixa de limitar o crescimento de sua população, propiciando que essas populações fiquem grandes o suficiente para que se tornem pragas, ainda que escalas pequenas.

Com o tempo, as áreas que atualmente são bordas ficaram dentro da floresta se a sucessão da capoeira não for manipulada pelo homem, levando a condições parecidas com as originais. Porém, a borda sempre será desequilibrada e heterogênea, mesmo assim, as aranhas e formigas podem ser importantes elementos no manejo para o controle de pragas (FOWLER & ROMAGNANO 1992). Em áreas de desequilíbrio os surtos de pragas sempre acontecerão, e muitas vezes o sistema de controle natural embutido no poder predatório desses inimigos naturais importantes não poderão responder a tempo para evitar perdas de produção (SAMWAYS 1988). Em muitas condições, a conservação da fauna de invertebrados não será compatível com o controle biológico natural de pragas da agricultura (SAMWAYS 1988).

### AGRADECIMENTOS

Nivar Gobbi, Marina Wong, Marcelo Schlindwein, Marcos Pesquero e Odair Bueno prestaram apoio constante. Partes dos dados apresentados aqui foram financiados com o apoio do CNPq (Processos Nos. 300171/88-9 e 500185/88-3), FAPESP (Processo Nos. 91/4304-3) e o Projeto de Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (WWF/Smithsonian Institution/INPA). Esta é a Publicação Nº XXX do PDBFF.

## BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, T.F. H. STARR, T. B. *Hierarchy: perspectives forecological complexity*. Chicago: University of Chicago Press, 1982.
- BANDEIRA, A. G., TORRES, M. F. P. Abundância e distribuição de invertebrados do solo em ecossistemas da Amazônia oriental. O papel ecológico dos cupins. *Bol. Mus. Goeldi, Zool.*, v. 2, p. 13-38, 1985.
- CLAUSEN, I. H. S. The use of spiders (Araneae) as ecological indicators. *Bull. Br. Arachnol. Soc.*, v. 7, p. 83-86, 1986.
- DALE, M. R. T. Overlap and spacing of species ranges on an environmental gradient. *Oikos*, v. 47, p. 303-308, 1986.
- DANTAS, M. Pastagens da Amazônia central: ecologia e fauna do solo. *Acta Amazônica*, v. 9, p. 5-54, 1979.
- DE ANGELIS, D. L., WATERHOUSE, J. C. Equilibrium and non-equilibrium concepts in ecological models. *Ecol. Monog.*, v. 57, p. 1-21, 1987.
- DUFFEY, E. Spider ecology and habitat structure. *Senckenberg biol.*, v. 47, p. 45-49, 1966.
- ELTON, C. S. The structure of invertebrate populations inside neotropical rain forest. *J. Anim. Ecol.*, v. 42, p. 55-104, 1973.
- ELTON, C. S. Conservation and the low population density of invertebrates inside Neotropical rain forest. *Biol. Conserv.*, v. 7, p. 1-15, 1975.
- FOWLER, H. G. Latitudinal gradients and diversity of the leaf-cutting ants (*Atta and Acromyrmex*). *Rev. Biol. Trop.*, v. 31, p. 213-216, 1983.
- FOWLER, H. G. A organização das comunidades de formigas no Estado de Mato Grosso. *An. Mus. Hist. Nat., Valparaíso*, v. 19, p. 33-42, 1988.
- FOWLER, H. G. Ant foraging ecology and community organization. In: VEERESH, G. K., MALLIK, B., VIRAKTAMUTH, C. A. (eds.), *Social Insects and the Environment*. New Delhi: Oxford & IBH Publishing Co. 1990. pp. 697-698.
- FOWLER, H. G. Richness, similarity and trophic structure of understory insect communities of native humid forests in southeastern Brazil. *Rev. Bras. Biol.*, v. 55, p. 617-622, 1995.
- FOWLER, H. G., PAGANI, M. I., SILVA, O. A., FORTI, L. C., PEREIRA-DA-SILVA, V., VASCONCELOS, H. L. DE. A pest is a pest is a pest? The dilemma of the Neotropical leaf-cutting ants: key-stone taxa of natural ecosystems. *Environ. Manage.*, v. 13, p. 671-675, 1989.
- FOWLER, H. G., CLAVER, S. Leaf-cutting ant assemblies: effects of latitude, vegetation and behavior on species compositions. In: HUXLEY, C. R., CULVER, D. C. (eds.), *Ant-Plant Interactions*. Oxford: Oxford University Press. 1991. pp. 51-59.
- FOWLER, H. G., DIAS DE AGUIAR, A. M. A integração da teoria ecológica na análise ambiental. In: TAUKE, S. M., GOBBI, N., FOWLER, H. G. (eds.), *Análise Ambiental: uma Visão Multidisciplinar*. Editora da UNESP, São Paulo. 1991. pp. 133-141.
- FOWLER, H. G., FORTI, L. C., BRANDÃO, C. R. F., DELABIE, J. H. C., VASCONCELOS, H. L. Ecologia nutricional de formigas. In: PANIZZI, A. R., PARRA, J. R. P. (eds.), *Ecologia nutricional de insetos*. São Paulo: Editora Manole. 1991. p. 131-223.
- FOWLER, H. G., PESQUERO, M. A., CAMPIOLO, S. Espécies exóticas, pragas e controle biológico. *Ciência Hoje*, v. 15, n. 85, p. 18-23, 1991.
- FOWLER, H. G., ROMAGNANO, L. F. T. DI, DIAS DE AGUIAR, A. M. A teoria de biogeografia de ilhas e a conservação: um paradigma que atrapalha? *Rev. Geogr.*, v. 10, p. 39-49, 1991.
- FOWLER, H. G., ROMAGNANO, L. F. T. DI. Ecological aspects of biological control. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 27, p. 5-13, 1992.
- FOWLER, H. G., SILVA, C. A., VENTICINQUE, E. M. Size, biomass and taxonomic composition of flying insects in Amazonian forest fragments. *Rev. Biol. Trop.*, v. 41, p. 755-760, 1993.
- FOWLER, H. G., SCHILINDWEIN, M. N., MEDEIROS, M. A. Exotic ants and faunal simplification of natural and agricultural areas in Brazil, with a review of the impact of exotic ants on native ant assemblages. In: WILLIAMS, D. F. (ed.), *Exotic Ants: Problems and Perspectives*. Boulder: Westview Press, 1994, pp. 151-162.
- FOWLER, H. G., PESQUERO, M. A. Ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae) of the Ilha do Cardoso State Park and their relation with vegetation types. *Rev. Bras. Biol.*, v. 56, p. 427-433, 1996.

- FOWLER, H. G., ROMAGNANO, L. F. T. DI. Seasonal insect communities of a Brazilian semi-deciduous tropical forest. *Zool. Beitr.* (no prelo).
- FOWLER, H. G., VIEIRA, R. S. When islands are continents: spider species richnesses in Amazonian forest fragments. *Conserv. Biol.* (no-prelo).
- FOWLER, H. G., DIAS DE AGUIAR, A. M., PESQUERO, M. A., DELABIE, J. H. C. A preliminary assessment of ant communities of the Brazilian Atlantic Coastal Forest (Hymenoptera: Formicidae). *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* (no prelo).
- GARDNER, R. H., MILNE, B. T., TURNER, M. G., O'NEILL, R. V. Neutral models for the analysis of broad-scale landscape pattern. *Landscape Ecol.*, v. 1, p. 19-28, 1987.
- GRASSLE, J. F. & SANDERS, H. L. Life histories and the role of disturbance. *Deep-Sea Res.*, v. 20, p. 643-659, 1973.
- HAY, M. E. Associational plant defenses and the maintenance of species diversity: turning competitors into accomplices. *Am. Nat.*, v. 128, p. 617-641, 1986.
- JANZEN, D. H., Sweep samples of tropical foliage insects: description of study sites, with data on species abundance and size distributions. *Ecology*, v. 54, p. 659-686, 1973.
- MAJER, J. D., Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use and land conservation. *Environ. Manage.*, v. 7, p. 375-383, 1983.
- MURPHY, D. D. Conservation and confusion: wrong species, wrong scale, wrong conclusion. *Conserv. Biol.*, v. 3, p. 82-84, 1989.
- O'NEILL, R. V., MILNE, B. T., TURNER, M. G., GARDNER, R. H. Resource utilization scales and landscape pattern. *Landscape Ecol.*, v. 2, p. 63-69, 1992.
- OSMAN, R. W., WHITLATCH, R. B. Patterns of species diversity: fact or artifact? *Paleobiol.*, v. 4, p. 41-54, 1978.
- PALMER, M. W., DIXON, P. M. Small-scale environmental heterogeneity and the analysis of species distributions along gradients. *J. Veget. Sci.*, 1, p. 57-65, 1990.
- PETRAITIS, P. S., LATHAM, R. E. & NIESENBAUM, R. A. The maintenance of species diversity by disturbance. *Quart. Rev. Biol.*, v. 64, p. 393-418, 1989.
- SAMWAYS, M. J. Classical biological control and insect conservation: are they compatible? *Environ. Conserv.*, v. 15, p. 349-354, 1988.
- SAMWAYS, M. J. Insect conservation and the disturbance landscape. *Agric. Ecosyst. Environ.*, v. 27, p. 183-194, 1989.
- SHUKLA, J., NOBRE, C., SELLERS, P. Amazon deforestation and climate change. *Science*, v. 247, p. 1322-1325, 1990.
- TURNER, M. G., (ed.). *Landscape Heterogeneity and Disturbance*. New York: Springer-Verlag, 1987.
- WILSON, E. O. The little things that run the world (the importance and conservation of invertebrates). *Conserv. Biol.*, v. 1, p. 344-346, 1987.