

Impacto humano afeta negativamente a dispersão de sementes de frutos ornitocóricos: uma perspectiva global

Vanessa Grazielle Staggemeier¹ e Mauro Galetti^{1,2}

¹Grupo de Fenologia e Dispersão de Sementes, Laboratório de Biologia da Conservação, Departamento de Ecologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), C. P. 199, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, Brasil

² Autor para correspondência. E-mail: mgaletti@rc.unesp.br

Recebido em 21 de setembro de 2006; aceito em 09 de maio de 2007

ABSTRACT. Human impact affects negatively the seed dispersal in ornithochorous fruits: a global perspective. Ornithochorous fruits make up an important part of the diet of birds and many studies have related the different morphological types of fruits with the choice by birds. We analyzed the intrinsic characteristics of plants and how human impact can affect this choice. Through analyses of covariance we related the degree of human pressure in each study site (high or low) and the morphological characteristics of 57 ornithochorous species with visiting rates and consumption of fruits by birds. We did not find any intrinsic plant characteristic (life form, size and type of diaspore) that explains the rates of consumption and visit by birds. On the other hand, the degree of human impact affected directly the mutualism between plants and birds. Plant species located in areas that suffer high human pressure had number of visits and consumption rates 3,3 and 3,5 lower than plants located in pristine areas, respectively. The negative consequences of the reduction of consumption of fruits in areas with high human pressures may directly affects the interactions between birds and plants and the regeneration of the ornithochorous species.

KEY WORDS: extinction, frugivory, fruit choice, fragmentation, ornithochory, morphology of fruit.

RESUMO. Os frutos carnosos compõem uma parte importante na dieta das aves e muitos estudos têm relacionado os diferentes tipos morfológicos de frutos com sua escolha pelas aves. Nós analisamos quais as características intrínsecas da planta e como o impacto antrópico podem interferir nessa escolha. Através de análises de covariância relacionamos o grau de pressão antrópica no local de cada estudo (alto ou baixo) e as características morfológicas de 57 espécies vegetais ornitocóricas com as taxas de visita e consumo de frutos pelas aves. Não encontramos nenhuma característica intrínseca à planta (forma de vida da planta, tamanho e tipo de diásporo) que explique as taxas de consumo e visita pelas aves. Por outro lado, o grau de impacto humano afetou de forma direta as relações mutualísticas entre plantas e aves. Espécies vegetais localizadas em áreas que sofrem grandes pressões antrópicas tiveram um número de visitas 3,3 vezes menor e 3,5 vezes menos frutos consumidos que as plantas localizadas em áreas preservadas. As conseqüências negativas da redução do consumo de frutos em áreas antropizadas devem afetar diretamente as interações entre aves e plantas e conseqüentemente a regeneração das espécies ornitocóricas.

PALAVRAS-CHAVE: extinção, frugivoria, escolha de fruto, fragmentação, ornitocoria, morfologia de fruto.

A maior parte dos frugívoros consome somente uma porção da diversidade de frutos carnosos produzida em seu habitat (Snow 1970, 1981, Galetti e Pizo 1996). Dessa forma os critérios utilizados pelos frugívoros para escolha dos frutos influenciam o sucesso reprodutivo das plantas, afetando assim a distribuição e estabelecimento das espécies produtoras de frutos carnosos (Godoy e Jordano 2001). A seleção dos frutos pelos animais é influenciada por diversos fatores, tais como: (1) tamanho do fruto (Pratt e Stiles 1985, Wheelwright 1985, Debussche e Isenmann 1989), (2) cor do fruto (Turcek 1963, Stiles 1982, Willson e Thompson 1982, Knight e Siegfried 1983, Wheelwright e Janson 1985, Willson *et al.* 1989, Willson e Whelan 1990), (3) composição nutricional da polpa (Stiles 1980, Snow 1981, Herrera 1982, Snow e Snow 1988), (4) compostos secundários (Cipollini e Levey 1997), (5) produtividade da planta (Murray 1987, Carr 1992, Greenberg *et al.* 1995, Nogales *et al.* 1999, Korine *et al.* 2000), (6) estrutura de habitat e composição da vegetação (Nogales *et al.* 1999), (7) fragmentação do habitat (Wunderle-Jr 1997, Silva e Tabarelli 2000, Githiru *et al.* 2002, Graham 2002) ou fatores combinados (Izhaki *et al.* 2002).

O tamanho do fruto e da semente é um importante atributo na escolha pela ave, porque é capaz de restringir o número de espécies e indivíduos que conseguem se alimentar e dispersar com sucesso uma espécie de planta (Snow e Snow 1988, Wheelwright 1985, Jordano 1992). O tamanho da semente parece estar relacionado ao conteúdo nutricional dos frutos, onde aqueles que são ricos em lipídeos e proteínas possuem geralmente sementes grandes ao passo que frutos suculentos, ricos em água e carboidratos, possuem numerosas sementes pequenas (McKey 1975, Jordano 1992).

A variação na umidade e fertilidade do solo é outro fator que determina as diferenças na estrutura vegetacional e a relativa importância de diferentes formas de crescimento (lenhosas, arbustivas e herbáceas) (Willson *et al.* 1990, Hughes *et al.* 1994). As formas de crescimento das plantas e a frequência de dispersão por vertebrados são correlacionadas aos fatores abióticos. Desse modo, para cada forma de crescimento, a frequência da dispersão por vertebrados diminui com o aumento da latitude, altitude, aridez e com a diminuição da fertilidade do solo (Willson *et al.* 1989, 1990, Westoby *et al.* 1990). Portanto, a dispersão por vertebrados está intimamente associada

com o tamanho do diásporo, com a composição nutricional do fruto (Herrera 1982, Stiles 1993, Pizo 1997), com a estrutura de habitat e composição da vegetação (Nogales *et al.* 1999).

As alterações de habitat decorrentes das ações humanas tais como: urbanização, agricultura, pecuária, introdução de espécies exóticas, caça e extração de recursos madeireiros e não-madeireiros, contribuem para a degradação florestal e perda de biodiversidade (Saunders *et al.* 1991, Gascon *et al.* 2000, Harper *et al.* 2005). Entre as principais alterações ambientais, a fragmentação de habitat geralmente afeta as interações mutualísticas entre animais e plantas (Bierregaard e Stouffer 1997, Restrepo *et al.* 1997, Laurance *et al.* 1998, Restrepo e Gómez 1998, Köhler *et al.* 2003, Harper *et al.* 2005, Hill e Curran 2005, Galetti *et al.* 2003). No entanto, poucos estudos têm focado a maneira como o impacto antrópico afeta a escolha dos frutos pelas aves frugívoras (Pizo 1997, Galetti *et al.* 2003).

Nós examinamos quais características intrínsecas da planta (tipo de fruto, tamanho do diásporo e forma de vida da planta) afetam as interações mutualísticas e como o impacto antrópico pode interferir na remoção de frutos carnosos pelas aves.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta dos Dados. Nós procuramos na literatura por estudos que focassem espécies vegetais ornitocóricas e que fornecessem dados do uso dos frutos pelas aves. Através desses estudos, elaboramos um banco de dados onde foram acrescentadas informações referentes à frugivoria, tais como: o número de espécies de aves visitantes, o número total de visitas e o número de frutos consumidos. Foram anotados dados referentes à planta observada: família, gênero, espécie, tempo de observação focal, número de indivíduos observados, hábito da planta e características morfométricas (comprimento e diâmetro) do diásporo.

As áreas de estudo foram ordenadas em dois graus de pressão antrópica: baixa e alta. Os locais classificados como “baixa pressão antrópica” receberam essa denominação por serem áreas compostas principalmente por vegetação primária e de grande extensão, além de serem afetadas pela ação do homem somente esporadicamente (ex: parques naturais). Já os locais com “alta pressão antrópica” foram caracterizados por apresentarem vegetação secundária e por serem áreas isoladas em fragmentos, com ação exploratória ou, ainda, áreas urbanizadas (ex: *campi* de faculdades).

Para assegurar que os frutos fossem agrupados em tipos morfológicos, que seguissem os mesmos critérios, foi adotada a classificação de Barroso *et al.* (1999). Todos os frutos amostrados a partir do levantamento de dados foram do tipo fruto simples. Estes frutos compreendem subtipos e aqui só serão mencionados os subtipos registrados neste trabalho. Para maiores detalhes ver Barroso *et al.* (1999). Os subtipos de frutos simples registrados foram: bacóide, cápsula e drupóide. O que Barroso *et al.* (1999) definem como subtipo de

fruto é o que chamaremos de tipo de fruto deste ponto em diante do trabalho.

Para avaliar como as características acima descritas influenciam a frugivoria em aves foram utilizadas as seguintes variáveis respostas: frequência de visitas de aves à espécie vegetal (visitação), obtido pela divisão do número total de visitas de aves pelo tempo total de observação da planta; e taxa de consumo, representada pela razão entre o número total de frutos removidos por todas as aves visitantes e o tempo de observação da planta.

Análise dos dados. As variáveis numéricas (diâmetro do diásporo, riqueza de aves, número de visitas por hora e número de frutos consumidos por hora) foram transformadas em logaritmo. Nós comparamos a riqueza de aves visitantes nos locais com diferentes graus (alto e baixo) de pressão antrópica através de um teste de comparação de médias (Teste U: Mann-Whitney). Através da análise de covariância (ANCOVA), estabelecemos dois modelos que relacionaram as variáveis respostas (log do número de visitas por hora e log do número de frutos consumidos por hora) aos fatores: forma de vida da planta, intensidade de influência antrópica local, tipo de fruto, logaritmo do diâmetro do diásporo e logaritmo da riqueza de aves. Nesta análise descartamos a medida de comprimento do diásporo por estar fortemente associada ao seu diâmetro ($r_s = 0,69$, $P < 0,0001$, $n = 63$), assim excluímos o problema da multicolinearidade das nossas variáveis. Consideramos as 57 espécies vegetais nos modelos e, quando uma mesma espécie foi estudada em outro local ela também foi incluída na análise por não se tratar de pseudo-replicação. Desse modo os modelos foram analisados para 57 espécies de plantas, sendo que seis delas foram estudadas em dois locais distintos e uma delas em três locais distintos. Sendo assim, esse critério explica o valor do número de unidades amostrais ser 65. A homogeneidade das variâncias residuais foi verificada graficamente e a normalidade dos resíduos foi testada através do teste de Kolmogorov-Smirnov/Lilliefors. As análises estatísticas foram realizadas no software JMP® (versão 5.0.1., SAS Institute).

RESULTADOS

Nós avaliamos 17 estudos realizados em seis países (Tabela 1). Plantas situadas em áreas que sofrem algum tipo de pressão antrópica foram mais estudadas (66,7% de 57 espécies, nove locais; sendo que duas das espécies foram estudadas em duas diferentes localidades) do que em áreas preservadas (36,8% de 57 espécies, nove locais; sendo que quatro das espécies foram estudadas em duas diferentes localidades). Juntos esses estudos envolveram 2288,22 horas de observações (1028,99 h em locais com alta influência antrópica e 1259,23 h em locais com baixa influência antrópica) em 57 espécies (21 famílias de Angiospermas; média de tamanho dos diásporos = 7,57 ± 4,41 mm, $n = 65$). O número de espécies de aves visitantes variou de uma a 32 (média ± DP: 10,66 ± 7,59, $n = 65$).

Tabela 1. Trabalhos utilizados na compilação do banco de dados: autor e ano do estudo, localidade, grau de pressão antrópica e espécies vegetais estudadas.

Table 1. List of works used in the compilation of the data base: author and year of study, locality, human impact degree and vegetal species studied.

Estudo (autor e ano)	Local	Grau de pressão antrópica	Espécies ornitocóricas estudadas (família)
da Rosa e Marcondes-Machado, 2005	Brasil, São Paulo	alto	<i>Citharexylum myrianthum</i> (Verbenaceae)
Francisco e Galetti, 2001	Brasil, São Paulo	alto	<i>Rapanea lancifolia</i> (Myrsinaceae)
Francisco e Galetti, 2002	Brasil, São Paulo	alto	<i>Ocotea pulchella</i> (Lauraceae)
Godim, 2001	Brasil, São Paulo	alto	4 spp. (Meliaceae)
Godim, 2002	Brasil, São Paulo	alto	28 spp. (17 famílias)
Gridi-Papp <i>et al.</i> , 2004	Brasil, São Paulo	alto	2 spp. (Melastomataceae)
Hernández, 2003	Espanha, Léon	alto	<i>Euonymus europaeus</i> (Celastraceae)
Jordano e Schupp, 2000	Espanha, Jaén	baixo	<i>Prunus mahaleb</i> (Rosaceae)
Keeler-Wolf, 1988	Trindade e Tobago	baixo	3 spp. (3 famílias)
	Trindade e Tobago	baixo	3 spp. (3 famílias)
Kitamura <i>et al.</i> , 2004	Tailândia	baixo	<i>Aglaia spectabilis</i> (Meliaceae)
Melo <i>et al.</i> , 2003	Brasil, Minas Gerais	alto	<i>Faramea cyanea</i> (Rubiaceae)
Motta Jr, 1991	Brasil, Goiás	baixo	10 spp. (7 famílias)
	Estados Unidos, Luisiana	baixo	<i>Sapium sebiferum</i> (Euphorbiaceae)
Renne <i>et al.</i> , 2002	Estados Unidos, Carolina do Sul	alto	<i>Sapium sebiferum</i> (Euphorbiaceae)
	Estados Unidos, Carolina do Sul	baixo	<i>Sapium sebiferum</i> (Euphorbiaceae)
V.G. Staggemeier, dados não publicados	Brasil, São Paulo	baixo	4 spp. (Myrtaceae)
Traveset, 1994	Espanha, Jaén	baixo	<i>Pistacia terebinthus</i> (Anacardiaceae)
Wütherich <i>et al.</i> , 2001	Venezuela, Barinas	alto	<i>Palicourea rigida</i> (Rubiaceae)
Zimmermann, 1996	Brasil, Santa Catarina	alto	<i>Alchornea glandulosa</i> (Euphorbiaceae)

Dentre as 57 espécies ornitocóricas amostradas, duas apresentaram tanto forma de vida arbórea como arbustiva, outras 26 espécies foram somente arbóreas e 29 foram arbustivas. Cerca de 40,35% das espécies estudadas possuem frutos do tipo baga (23 espécies), seguido por cápsula 31,58% (18 spp.) e drupa 28,07% (16 spp.).

Há diferença na riqueza de espécies de aves visitantes entre os locais com diferentes graus de perturbação antrópica, tendo os locais preservados uma riqueza maior (Teste de Mann-Whitney, $U = 287$, $gl = 1$, $P = 0,003$) (Figura 1).

Nossos modelos foram significativos (ANCOVA para log da visitação: $R^2 = 0,747$; $F = 14,26$ e $P < 0,0001$ com 11 gl e $n = 65$; para log do consumo: $R^2 = 0,627$; $F = 8,12$ e $P < 0,0001$ com 11 gl e $n = 65$). A pressão antrópica afetou a visitação ($F = 5,678$; $P = 0,021$; $gl = 1$) e a remoção de frutos por aves ($F = 5,286$; $P = 0,025$; $gl = 1$). Espécies de plantas ornitocóricas encontradas em locais preservados tiveram 3,3 vezes mais visitas por hora e 3,5 vezes mais frutos consumidos do

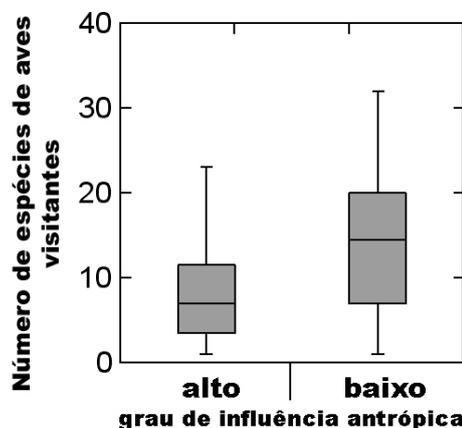


Figura 1. Diagrama box-plot representando a distribuição da riqueza de aves que visitaram plantas com frutos em diferentes ambientes, com alto e baixo graus de influência antrópica.

Figure 1. Box-plot representing the distribution of the richness of birds visiting fruiting plants in different environments, with high and low degree of anthropic influence.

Tabela 2. Resultados estatísticos das interações entre os fatores na análise de covariância.
Table 2: Statistical results of the interactions between the factors in the covariance analysis.

Fonte de Variação	Gl	Log Visitação		Log Consumo	
		F	P	F	P
hábito da planta x influência antrópica	1	2,40	0,13	1,71	0,20
hábito da planta x tipo de fruto	2	0,97	0,39	1,55	0,22
influência antrópica x tipo de fruto	2	0,83	0,44	2,44	0,10

que as espécies vegetais de ambientes alterados. A riqueza de aves foi o fator que mais restringiu o número de visitas ($F = 53,521$; $P = 0,000$; $gl = 1$) e de frutos consumidos ($F = 20,946$; $P = 0,000$; $gl = 1$).

A forma de vida das plantas não afetou a visitação (ANCOVA: $F = 2,065$; $P = 0,157$; $gl = 1$) e o consumo ($F = 2,899$; $P = 0,094$; $gl = 1$) de frutos pelas aves. O tipo de fruto também não restringiu as taxas de visitas ($F = 0,011$; $P = 0,989$; $gl = 2$) e consumo dos frutos ($F = 0,170$; $P = 0,844$; $gl = 2$). O diâmetro dos diásporos também não foi um fator limitante, pois não afetou as visitas ($F = 0,340$; $P = 0,562$; $gl = 1$) nem o consumo de frutos pelos frugívoros ($F = 1,661$; $P = 0,203$; $gl = 1$). As interações entre os fatores também não foram significativas (Tabela 2).

DISCUSSÃO

Nossas análises mostram que as características intrínsecas da planta (forma de vida, tipo e tamanho do fruto) não explicam a taxa de consumo e visita pelas aves em frutos carnosos em uma análise global. Somente os fatores extrínsecos (riqueza de aves e grau de pressão antrópica no local) da planta são relacionados à frugivoria, sendo o fator riqueza de espécies de aves visitantes o que mais influencia as taxas de visitação e remoção de frutos. Locais com alto grau de perturbação antrópica apresentaram menor riqueza de aves que locais preservados.

A relação entre a intensidade da influência antrópica e a frugivoria foi altamente significativa e é consistente com estudos que mostram que a defaunação de grandes frugívoros e a fragmentação podem alterar os sistemas de dispersão de sementes (Janzen 1972, Pudlo *et al.* 1980, Howe 1984, Pizo 1997, Cordeiro e Howe 2001). As perturbações e a fragmentação de habitats, direta ou indiretamente, afetam a seleção dos frutos com esperadas conseqüências para os processos de dispersão de sementes e regeneração das plantas (Schupp 1993, Loiselle e Blake 1999).

A abundância de espécies de aves em fragmentos florestais aumenta imediatamente depois do isolamento e então, depois de um curto período, é reduzida a níveis bem abaixo dos encontrados previamente na floresta contínua (Bierregaard e Lovejoy 1989, Hagan *et al.* 1996). As aves frugívoras de médio e grande porte são as primeiras a desaparecerem com a fragmentação do habitat (Johns 1991, Newmark 1991, Renjifo 1999). Em conseqüência da ausência ou baixa abundância de animais frugívoros nos fragmentos, o sucesso reprodutivo das

plantas, medido pela remoção de seus frutos, pode ser drasticamente afetado (Galetti *et al.* 2003). Na Austrália, Dennis *et al.* (2004) observaram uma redução de 33% na remoção de frutos de árvores presentes em fragmentos quando comparadas com árvores em floresta contínua. Cordeiro e Howe (2003) encontraram que a abundância e o número de espécies de aves frugívoras diminuem com o tamanho do fragmento e essa redução afetou diretamente a dispersão de uma espécie de Sterculiaceae na África.

A dispersão das sementes é um processo demográfico chave na vida das plantas por representar a ponte que une a polinização com o recrutamento que levará ao estabelecimento de novas plantas adultas (Harper 1977). Os efeitos dos animais frugívoros sobre as plantas vão além da remoção das sementes, pois eles têm múltiplas, e nem sempre imediatas, influências sobre as sementes, plântulas e jovens (Jordano *et al.* 2006). Os frugívoros podem limitar o crescimento populacional das plantas se a quantidade de sementes que dispersam é insuficiente ou se a qualidade de dispersão que promovem é inadequada (i. e., quando depositam sementes em locais com baixa probabilidade de recrutamento; Schupp 1993). Portanto, a perda de potenciais aves dispersoras de sementes em áreas de alto impacto humano pode levar a uma redução na chuva de sementes da vegetação original, limitando dessa forma o recrutamento de novos indivíduos (Benitez-Malvido 1998). Esse enfraquecimento nas interações aves-plantas ornitócoricas em ambientes perturbados não apenas reduz a dispersão de sementes, mas tem sérias conseqüências no fluxo gênico via sementes (Godoy e Jordano 2001, Jordano *et al.* 2006). Portanto, é fundamental incentivarmos estudos de dispersão de sementes promovida pelas aves frugívoras em ambientes com diferentes graus de perturbações antrópicas, para assim compreender o funcionamento dessas interações nos processos de demografia e genética das populações de plantas.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a Fapesp pelo apoio constante ao nosso laboratório na UNESP. Ao Programa Iberoamericano Cytel pelo apoio ao nosso grupo de pesquisa e ao Projeto de Cooperação Internacional CSIC-CNPq. M. Galetti recebe bolsa de produtividade do CNPq e V.G. Staggemeier recebeu bolsa de IC da Fapesp. Também somos gratos ao P. Jordano, M.A. Pizo e E. Cazzetta pelas sugestões no manuscrito e a I. Renne pela atenção e informações concedidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barroso, G. M., M. P. Morim, A. L. Peixoto e C. L. F. Ichaso (1999) *Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas*. Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, Brasil.
- Benitez-Malvido, J. (1998) Impact of forest fragmentation on seedling abundance in a tropical rain forest. *Cons. Biol.* 12: 380-389.
- Bierregaard, R. O. e T. E. Lovejoy (1989) Effects of forest fragmentation on Amazonian understory bird communities. *Acta Amazonica* 19: 215-241.
- _____, e P. C. Stouffer (1997) Understorey birds and dynamic habitat mosaics in Amazonian rain forests, p. 138-155. Em: Laurance, W. F. and Bierregaard, R. O., Jr. (eds), *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago: University of Chicago Press.
- Carr, D. E. (1992) The relationship between crop size and fruit removal and its implication for the evolution of dioecy. *Can. J. Bot.* 70: 1784-1789.
- Cipollini, M. L. e D. J. Levey (1997) Why are some fruits toxic? Glycoalkaloids in *Solanum* and fruit choice by vertebrates. *Ecology*, 78: 782-798.
- Cordeiro, N. J. e H. F. Howe (2001) Low recruitment of trees dispersed by animals in african forest fragments. *Cons. Biol.* 15: 1733-1741.
- _____, e _____ (2003) Forest fragmentation severs mutualism between seed dispersers and an endemic African tree. *Proc Nat. Acad Sc. USA*: 14052-14056.
- da Rosa, G. A. e L. O. Marcondes-Machado (2005) Frugivoria por aves em *Cytharexylum myrianthum* Cham (Verbenaceae) em áreas de pastagens de Campinas, SP. *Ararajuba* 13: 113-115.
- Debussche, M. e P. Isenmann (1989) Fleshy fruit characters and the choices of bird and mammal seed dispersers in a Mediterranean region. *Oikos* 56: 327-338.
- Dennis, A. J., D. A. Westcott, A. McKeown, M. Bradford e G. Harrington (2004) Fruit removal rates across a landscape, p. 9-11. Em: J. Kanowski, C. P. Catterall, A. J. Dennis & D. A. Westcott (Eds.). *Animal-plant interactions in rainforest: conservation and restoration*. Cairns, Australia: Cooperative Research Centre for Tropical Rainforest Ecology and Management.
- Francisco, M. R. e M. Galetti (2001) Frugivoria e dispersão de sementes de *Rapanea lancifolia* (Myrsinaceae) por aves numa área de cerrado do Estado de São Paulo, sudeste do Brasil. *Ararajuba* 9: 13-19.
- Francisco, M. R. e M. Galetti (2002) Aves como potenciais dispersoras de sementes de *Ocotea pulchella* Mart. (Lauraceae) numa área de vegetação de cerrado do sudeste brasileiro. *Rev. Bras. Bot.* 25: 11-17.
- Galetti, M. e M. A. Pizo (1996) Fruit eating by birds in a forest fragment in southeastern Brazil. *Ararajuba* 4: 71-79.
- _____, C. P. Alves-Costa e E. Cazetta (2003) Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit color on the consumption of ornithocoric fruits. *Biol. Cons.* 111: 269-273.
- Gascon, C., G. B. Williamson e G. A. B. da Fonseca (2000) Receding forest edges and vanishing reserves. *Science* 288: 1356-1358.
- Githiru M., L. Lens, L. A. Bennur e C. Ogol (2002) Effects of site and fruit size on the composition of avian frugivore assemblages in a fragmented Afrotropical forest. *Oikos* 96: 320-330.
- Godim, M. J. C. (2001) Dispersão de sementes de *Trichilia* spp. (Meliaceae) por aves em um fragmento de mata mesófila semidecídua, Rio Claro, SP, Brasil. *Ararajuba* 9: 101-112.
- _____, (2002) *A exploração de frutos por aves frugívoras em uma área de cerrado no Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado. Rio Claro: Instituto de Biociências, UNESP.
- Godoy, J. A. e P. Jordano (2001) Seed dispersal by animals: exact identification of source trees with endocarp DNA microsatellites. *Mol. Ecol.* 10: 2275-2283.
- Graham, C. (2002) Use of fruiting trees by birds in continuous forest and riparian forest remnants in Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *Biotropica* 34: 589-597.
- Greenberg, R., M. S. Foster e V. L. Marquez (1995) The role of white-eyed vireo in the dispersal of *Bursera* fruit on the Yucatan Peninsula. *J. Trop. Ecol.* 11: 619-639.
- Gridi-Papp, C. O., M. Gridi-Papp e W. R. Silva (2004) Differential fruit consumption of two Melastomataceae by birds in Serra da Mantiqueira, southeastern Brazil. *Ararajuba* 12: 7-13.
- Hagan, J. M., W. M. V. Haegen e P. S. McKinley (1996) The early development of forest fragmentation effects on birds. *Cons. Biol.* 10: 188-202.
- Harper, J. L. (1977) *Population biology of plants*. Academic Press, London.
- Harper, K. A., S. E. Macdonald, P. J. Burton, J. Chen, K. D. Brosofske, S. C. Saunders, E. S. Euskirchen, D. Roberts, M. S. Jaiteh e P. Essen (2005) Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Cons. Biol.* 3: 768-782.

- Hernández, A. (2003) Variations in spindle *Euonymus europaeus* consumption by frugivorous birds during the fruiting season. *Ardeola* 50: 171-180
- Herrera, C. M. (1982) Seasonal variation in the quality of fruits and diffuse coevolution between plants and avian dispersers. *Ecology* 63: 773-785.
- Hill, J. L. e P. J. Curran (2005) Fragment shape and tree species composition in tropical forests: a landscape level investigation. *Afr. J. Ecol.* 43: 35-43.
- Howe, H. F. (1984) Constraints on the evolution of mutualisms. *Am. Nat.* 123: 764-777.
- Hughes, L., M. Dunlop, K. French, M. R. Leishman, B. Rice, L. Rodgerson e M. Westoby (1994) Predicting dispersal spectra: a minimal set of hypotheses based on plant attributes. *J. Ecol.* 82: 933-950.
- Izhaki, I., E. Tsahar, I. Paluy e J. Friedman (2002) Within population variation and interrelationships between morphology, nutritional content, and secondary compounds of *Rhamnus alaternus* fruits. *New Phytol.* 156: 217-223.
- Janzen, D. H. (1972) Escape in space by *Sterculia apetala* seeds from the bug *Disdercus fasciatus* in a Costa Rican deciduous forest. *Ecology* 66: 819-827.
- Johns, A. D. (1991) Responses of Amazonian rain forest birds to habitat modification. *J. Trop. Ecol.* 7: 417-437.
- Jordano, P. (1992) Fruits and frugivory, p. 105-137. Em: Fenner, M. (ed.), *Seeds. The ecology of regeneration in plant communities*. Wallingford, England: Commonwealth Agricultural Bureau International.
- _____ e E. W. Schupp (2000) Seed disperser effectiveness: the quantity component and patterns of seed rain for *Prunus mahaleb*. *Ecol. Monogr.* 70: 591-615.
- _____, M. Galetti, M. A. Pizo e W. R. Silva (2006) Ligando frugivoria e dispersão de sementes à Biologia da Conservação, p. 411-436.. Em: *Biologia da Conservação: Essências*. C. F. D. da Rocha, H. G. Bergallo, M. A. S. Santos Alves e M. Van Sluys (orgs.). São Carlos, Brasil: Editora RIMA.
- Keeler-Wolf, T. (1988) Fruit and consumer differences in three species of trees shared by Trinidad and Tobago. *Biotropica* 20: 38-48.
- Kitamura, S., S. Suzuki, T. Yumoto, P. Poonswad, P. Chuailua, K. Plongmai, N. Noma, T. Maruhashi e C. Suckasam (2004) Dispersal of *Aglaia spectabilis*, a large-seeded tree species in a moist evergreen forest in Thailand. *J. Trop. Ecol.* 20: 421-427.
- Knight, R. S. e W. R. Siegfried (1983). Inter-relationships between type, size and colour of fruits and dispersal in Southern African trees. *Oecologia* 56: 405-412.
- Köhler P., J. Chave, B. Riera e A. Huth (2003) Simulating the long-term response of tropical wet forests to fragmentation. *Ecosystems* 6: 114-128.
- Korine, C., E. K. Kalko e E. A. Herre (2000) Fruit characteristics and factors affecting fruit removal in a Panamanian community of strangler figs. *Oecologia* 123: 560-568.
- Laurance, W. F., L. V. Ferreira, J. M. Rankin-de Merona, S. G. Laurance, R. W. Hutchings e T. E. Lovejoy (1998) Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. *Cons. Biol.* 12: 460-464.
- Loiselle, B. A. e J. G. Blake (1999) Dispersal of Melastome seeds by fruit-eating birds of tropical forest understory. *Ecology* 80: 330-336.
- McKey, D. (1975) The ecology of coevolved seed dispersal systems, p. 159-191. Em: Gilbert, L. E. e Raven, P. H. eds. *Coevolution of animals and plants*. Austin: University of Texas.
- Melo, C.; Bento, E. C.; Oliveira, P. E. 2003. Frugivory and dispersal of *Faramea cyanea* (Rubiaceae) in cerrado woody plant formations. *Braz. J. Biol.* 63: 75-82.
- Motta-Jr, J. C. (1991) *A exploração de frutos como alimento por aves de mata ciliar numa região do Distrito Federal*. Dissertação de Mestrado. Rio Claro, Brasil: Instituto de Biociências, UNESP.
- Murray, K. G. (1987) Selection for optimal fruit-crop size in bird-dispersed plants. *Am. Nat.* 129: 18-31.
- Newmark, W. D. (1991) Tropical forest fragmentation and the local extinction of understory birds in the East Usambara Mountains, Tanzania. *Cons. Biol.* 5: 67-78.
- Nogales, M., A. Valido, F. M. Medina e J. D. Delgado (1999) Frugivory and factors influencing visitation by birds at 'Balo' (*Plocama pendula* Ait., Rubiaceae) plants in the Canary Islands. *Ecoscience* 6: 531-538
- Pizo, M. A. (1997) Seed dispersal and predation in two populations of *Cabrlea canjerana* (Meliaceae) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. *J. Trop. Ecol.* 13: 559-578
- Pratt, T. K. e E. W. Stilles (1985) The influence of fruit size and structure on composition of frugivore assemblages in New Guinea. *Biotropica* 17: 314-321.
- Pudlo, R. J., A. J. Beattie e D. C. Culver (1980) Populations consequences of changes in an ant-seed mutualism in *Sanguinaria canadensis*. *Oecologia*. 46:32-37.

- Renjifo, L. M. (1999) Composition changes in a sub-Andean avifauna after long-term forest fragmentation. *Cons. Biol.* 13: 1124-1139.
- Renne, I., W. C. Barrow Jr, L. A. J. Randall e W. Bridges Jr. (2002) Generalized avian dispersal syndrome contributes to Chinese tallow tree (*Sapium sebiferum*, Euphorbiaceae) invasiveness. *Div. & Dist.* 8: 285-295
- Restrepo, C. e N. Gómez, N. (1998) Responses of understory birds to anthropogenic edges in a Neotropical montane forest. *Ecol. Appl.* 8: 170-183.
- _____, L. M. Renjifo e P. Marples (1997) Frugivorous birds in fragmented neotropical montane forests: landscape pattern and body mass distribution, p. 171-189. Em: Laurance, W. F. and Bierregaard, R. O., Jr. (eds), *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago: University of Chicago Press.
- Saunders, D. A., R. J. Hobbs e C. R. Margules (1991) Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Cons. Biol.* 5:18-32.
- Schupp, E. W. (1993) Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetatio* 107/108: 15-29.
- Silva, J. C. e M. Tabarelli (2000) Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of north-east Brazil. *Nature* 404: 72-74.
- Snow, D. W. (1970) A field study of the Bearded Bellbird in Trinidad. *Ibis* 112: 299-329.
- _____. (1981) Tropical frugivorous birds and their food plants: a world survey. *Biotropica* 13: 1-14.
- Snow, B. K. e D. W. Snow (1988) *Birds and berries*. T. & A. D. Poyser, England
- Stiles, E. W. (1980) Patterns of fruit presentation and seed dispersal in bird-disseminated woody plants in the eastern deciduous forest. *Am. Nat.* 116: 670-688.
- _____. (1982) Fruit flags: two hypotheses. *Am. Nat.* 120: 500-509.
- _____. (1993) The influence of pulp lipids on fruit preference by birds. *Vegetatio* 107-108: 227 - 235.
- Traveset, A. (1994) Influence of type of avian frugivory on the fitness of *Pistacia terebinthus* L. *Evol. Ecol.* 8: 618-627.
- Turcek, F. J. (1963) Color preferences in fruit- and seed-eating birds. *Proc. Int. Ornithol. Congr.* 13: 285-292.
- Westoby, M., B. Rice e J. Howell (1990) Seed size and plant growth form as factors in dispersal spectra. *Ecology* 71: 1307-1315.
- Wheelwright, N. T. (1985) Fruit size, gape width, and the diets of fruit-eating birds. *Ecology* 66: 808-818.
- _____. e C. H. Janson (1985) Colors of fruit display of bird-dispersed plants in two tropical forests. *Am. Nat.* 126: 777-799.
- Willson, M. F. e J. N. Thompson (1982) Phenology and ecology of color in bird-dispersed fruits, or why some fruits are red when they are 'green'. *Can. J. Bot.* 60: 701-713.
- _____. e C. J. Whelan (1990) The evolution of fruit color in fleshy-fruited plants. *Am. Nat.* 136: 790-809.
- _____. A. K. Irvine e N. G. Walsh (1989) Vertebrate dispersal syndromes in some Australian and New Zealand plant communities, with geographic comparisons. *Biotropica* 21: 133-147.
- _____. B. L. Rice e M. Westoby (1990) Seed dispersal spectra: a comparison of temperate plant communities. *J. Veg. Science* 1: 547-562.
- Wunderlin, J. M. (1997) The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *For. Ecol. Manag.* 9: 223-235.
- Wütherich, D., A. Azócar, C. García-Núñez, e J. F. Silva (2001) Seed dispersal in *Palicourea rigida*, a common treelet species from neotropical savannas. *J. Trop. Ecol.* 17: 449-458
- Zimmermann, C. E. (1996) Observações preliminares sobre a frugivoria por aves em *Alchornea glandulosa* (Endl. & Poepp.) (Euphorbiaceae) em vegetação secundária. *Rev. Brasil. Zool.* 13: 533-538.