

Predação pós-dispersão de sementes do angico *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. (Leguminosae-Mimosoideae) em mata de galeria em Barra do Garças, MT

ALESSANDRA BARTIMACHI^{1,2}, JORGE NEVES^{1,2} e FERNANDO PEDRONI^{2,3}

(recebido: 03 de maio de 2007; aceito: 10 de abril de 2008)

ABSTRACT – (Post-dispersal seed predation of *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. (Leguminosae-Mimosoideae) in a gallery forest in Barra do Garças, MT, Brazil). Seed predation is one of the bottlenecks for the regeneration of tropical trees. The influence of post-dispersal seed predation of *A. falcata* on seedling recruitment was studied in a gallery forest in “Parque Estadual da Serra Azul” (PESA) in Barra do Garças, MT. Field experiments were designed to assess the differences in post-dispersal seed predation by vertebrates and invertebrates with regards to temporal and spatial variation, leaf litter and distance from parent tree. Ants *Solenopsis (Diplorhoptrum)* sp. were the main seed predator of *A. falcata*. Seed mortality by insects varied through the fruiting season; it was more intense at the beginning and at the end of the fruiting season. The survivorship of seed did not vary among different microhabitats and was independent of litter cover and proximity to an adult fruiting tree. The results of this study indicated that predation by ants can limit the recruitment of *A. falcata*. However, rainfall reduces predation rate by promoting seed germination and favouring seedling recruitment of *A. falcata*.

Key words - *Anadenanthera falcata*, exclosure experiments, gallery forest, microhabitats variation, seed predation

RESUMO – (Predação pós-dispersão de sementes de angico *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. (Leguminosae-Mimosoideae) em mata de galeria em Barra do Garças, MT). A predação de sementes é um gargalo para regeneração de espécies arbóreas nos trópicos. A influência da predação pós-dispersão de sementes de *A. falcata* sobre o estabelecimento de plântulas foi estudada em mata de galeria no Parque Estadual da Serra Azul (PESA), Barra do Garças, MT. Variações temporais e de microhabitats (clareiras, troncos caídos e próximo a margem de riacho), cobertura de serapilheira no solo, influência de animais vertebrados e invertebrados na mortalidade de sementes e efeito da distância em relação à planta mãe na predação pós-dispersão de sementes de *A. falcata* foram avaliados em experimentos de campo realizados no início, pico e final da estação de frutificação. Formigas *Solenopsis (Diplorhoptrum)* sp. foram os principais predadores de sementes no PESA. A predação pós-dispersão variou temporalmente durante a estação de frutificação. Durante o pico da estação, a sobrevivência de sementes até plântulas foi maior do que no início ou final da estação. A sobrevivência das sementes não foi influenciada pelo sítio de deposição e foi independente da cobertura de serapilheira e distância dos adultos reprodutivos. A predação por formigas pode limitar o recrutamento de *A. falcata* na mata de galeria do PESA. A ocorrência de chuvas estimula a germinação, favorece o escape da predação de sementes e, conseqüentemente, o recrutamento de plântulas de *A. falcata*.

Palavras-chave - *Anadenanthera falcata*, experimento de exclusão, mata de galeria, predação de sementes, variação de microhabitats

Introdução

A predação por animais é uma das principais causas de mortalidade de sementes. Para algumas espécies, a predação por insetos e vertebrados pode eliminar perto de 100% das sementes produzidas em uma estação (Francisco *et al.* 2003), afetando a dinâmica populacional

das plantas e, conseqüentemente, a estrutura das comunidades vegetais (Harms *et al.* 2000).

A predação pós-dispersão pode atuar como um filtro sobre a “sombra de sementes”, modificando a densidade e a distribuição das sementes e por fim o estabelecimento de plântulas (Pizo 1997). Os predadores pós-dispersão incluem animais de hábitos mais generalistas. Podem ser invertebrados como formigas, besouros, moluscos e crustáceos (Andersen 1991, Andresen 2002, Salm 2006) ou vertebrados como mamíferos e aves (Sánchez-Cordero & Martínez-Gallardo 1998, Theimer 2001). Os invertebrados, como as formigas, tendem a remover as sementes pequenas (Samson *et al.* 1992), enquanto vertebrados, como os roedores, tendem a remover sementes maiores (Alexander *et al.* 2001).

1. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade da Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa s/n, Boa Esperança, 78060-900 Cuiabá, MT, Brasil.
2. Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto Universitário do Araguaia, Grupo de Pesquisa Ecologia-UFMT, Rodovia MT-100, km 3,5, 78698-000 Pontal do Araguaia, MT, Brasil.
3. Autor para correspondência: fpedroni@ufmt.br

A atividade dos predadores de sementes varia ao longo das estações do ano e com o local onde as sementes são depositadas. Conseqüentemente, a sobrevivência das sementes pode variar ao longo do período de frutificação e ser dependente do sítio de deposição (Whelan *et al.* 1991). Além dos períodos de atividade, a abundância e o comportamento dos predadores de sementes e frutos podem explicar diferenças na sobrevivência de sementes (Hulme & Borelli 1999) nos locais de estabelecimento de plântulas na floresta (Hoch & Adler 1997).

Mamíferos predadores de sementes, pequenos e médios (ratos, esquilos, cutias e pacas), utilizam troncos caídos, clareiras e raízes tabulares como esconderijos para estocar alimento ou como abrigos temporários contra seus inimigos naturais (felinos, canídeos e gaviões) (Cintra & Horna 1997, Cintra & Terborgh 2000). Quando esses animais retornam para consumir as sementes armazenadas, freqüentemente alimentam-se somente daquelas que encontram mais rapidamente. Nesse caso, algumas sementes escapam da predação, indicando que esses microambientes podem ser locais seguros para a germinação das sementes e o estabelecimento das plântulas (Blate *et al.* 1998).

A quantidade de serapilheira pode influenciar a vulnerabilidade das sementes à predação (Cintra 1997a, Cintra & Terborgh 2000). Uma camada de serapilheira espessa pode aumentar a germinação e sobrevivência das sementes por diminuir a variação de fatores como umidade e temperatura do solo e por reduzir a possibilidade das sementes serem encontradas pelos predadores (Cintra 1997a). A variação espacial na quantidade de serapilheira que cobre o chão da floresta favorece a heterogeneidade e a sobrevivência das sementes e estabelecimento das plântulas (Molofsky & Augspurger 1992). A variação local da serapilheira também pode aumentar a diversidade de microsítios para o estabelecimento de plantas. Além disso, o comportamento de forrageamento dos mamíferos predadores de sementes pode ser afetado pela presença e quantidade de serapilheira. Os roedores localizam seu alimento principalmente pelo olfato e a densa serapilheira pode impedir a detecção das sementes. Portanto, a probabilidade de sobrevivência individual da semente pode depender, em pequena escala, da cobertura de folhas ou da queda das sementes em fendas inacessíveis aos predadores (Cintra 1997a).

O modelo de Janzen-Connell sugere que a mortalidade de sementes aumenta tanto com a proximidade a adultos reprodutivos como com o aumento da densidade das sementes (Cintra 1997b). Assim, a dispersão para longe da planta mãe (Hipótese do Escape) resulta num aumento da sobrevivência das sementes quando comparado com

aquelas que caem nas proximidades do adulto reprodutivo. Essa relação foi claramente demonstrada para algumas espécies (Peres *et al.* 1997, Wenny 2000, Wright & Duber 2001, Norghauer *et al.* 2006), para as quais a mortalidade nas proximidades da planta mãe foi completa e o recrutamento limitado a áreas mais distantes.

Existem poucas informações sobre a ecologia do angico, *Anadenanthera falcata*. Costa *et al.* (1992) estudaram o sistema de cruzamento em uma área de cerrado em Itirapina, SP e Furtini Neto *et al.* (1999) investigaram a influência da acidez do solo no desenvolvimento de mudas. Além desses estudos, F. A. M. Santos (dados não publicados) estudou o padrão espacial de jovens em relação a adultos em áreas de cerrado, mas não há informações sobre a dispersão ou predação de sementes de angico. Observações realizadas na mata de galeria do Parque Estadual da Serra Azul indicam que, apesar de haver produção de sementes de angico, o estabelecimento de plântulas é reduzido e há uma alta mortalidade de indivíduos adultos, sendo que essa espécie está entre as mais importantes na comunidade em função do seu tamanho, abundância e freqüência relativa (Dias 2006).

Este estudo teve como objetivo investigar qual a influência da predação pós-dispersão das sementes de *A. falcata* sobre o estabelecimento de jovens na área. As seguintes questões foram abordadas: (i) ocorre diferença na predação pós-dispersão ao longo da estação de frutificação? (ii) a predação pós-dispersão difere entre os microambientes (clareiras, sob dossel nas proximidades do riacho e próximo de troncos caídos)? (iii) a predação pós-dispersão é maior sobre do que sob a serapilheira? (iv) quais animais (vertebrados ou invertebrados) contribuem para a mortalidade de sementes de *A. falcata* após a dispersão? (v) a predação pós-dispersão de sementes é influenciada pela proximidade da planta-mãe?

Material e métodos

Área de estudo – O estudo foi realizado na mata de galeria do Córrego Avoadeira (15°50'52,54" S e 52°14'59,54" W), Parque Estadual da Serra Azul (PESA), o qual faz parte da bacia Araguaia/Tocantins, localizado na cidade de Barra do Garças, MT.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen (1948), é do tipo AW (clima quente e úmido) com duas estações bem definidas, verão chuvoso (outubro a março) e inverno seco (abril a setembro). A precipitação média anual no período de 1997 a 2006 foi 1578,9 mm e a temperatura média anual 25,6 °C. No período de outubro a março, ocorrem as maiores precipitações pluviométricas e as primeiras chuvas ocorrem no mês de setembro. A precipitação média

no período chuvoso (outubro a março) é 1400,6 mm e a temperatura 26,3 °C. No período seco (abril a setembro) a precipitação média é 178,3 mm e a temperatura 24,9 °C (dados não publicados fornecidos pela Infraero, Barra do Garças, MT).

O PESA foi criado em 1994 pela desapropriação de fazendas que aproveitavam áreas de campos naturais e de cerrado para criação extensiva de gado. Com uma área de 11.000 ha, tem relevo suave de aspecto geralmente tabular com altitudes médias entre 600 e 700 m e solo do tipo latossolo vermelho-amarelo distrófico de textura argilosa. É formado por diferentes fitofisionomias, tais como cerrado sentido restrito, cerrado rupestre, cerradão, mata seca e mata de galeria. A mata de galeria estudada é circundada por cerrado rupestre e pasto e apresenta áreas pouco perturbadas e áreas mais alteradas por corte seletivo de madeira. Localiza-se em um vale de inclinação suave, sendo que o córrego fica encaixado e apresenta leito sinuoso, de forma que as trilhas utilizadas para a realização dos experimentos cruzam o riacho mais de uma vez. Durante as chuvas o nível da água aumenta rapidamente podendo carregar sedimentos depositados próximos a seu leito.

A fauna do PESA é pouco conhecida. No diagnóstico ambiental realizado para o plano de manejo do Parque foram registradas 82 espécies de aves e 35 espécies de mamíferos, incluindo primatas, roedores, canídeos e felinos. Das áreas analisadas a mata de galeria foi a que apresentou a maior riqueza e abundância de espécies. Não existem informações sobre a fauna de invertebrados (Fema 2000).

Espécie estudada – *Anadenanthera falcata* (Benth.) Spig. (Leguminosae Mimosoideae), popularmente conhecida como angico, é uma espécie arbórea, apresenta casca extremamente grossa e rígida e o fuste pode chegar a 10 m, sendo a copa rala. Está distribuída nas regiões centro-oeste, sudeste e alguns estados do Sul do Brasil e ocorre tipicamente em matas secas e semidecíduas, aparecendo também no cerrado, cerradão e em formações mais higrofilas. Segundo Lorenzi (2002), *A. falcata* floresce na estação chuvosa, durante os meses de setembro a outubro com a planta totalmente despida de folhagem e frutifica nos meses de agosto a setembro. No entanto no PESA, durante o período estudado, a frutificação/dispersão estendeu-se até novembro. A maturação dos frutos ocorre num período longo (aproximadamente 10 meses), sendo que o período de dispersão dura quatro meses.

Os frutos são folículos achatados deiscentes. As sementes, em número de 10 a 15 por fruto, são escuras orbiculares, livres, secas, pesam menos de 1 g, com testa macia, coriácea, permeável, de germinação rápida e em alta porcentagem. Após a maturação, os frutos se rompem vagarosamente sem um mecanismo explosivo e as sementes, quando liberadas, algumas vezes planam até o solo, apresentando síndrome de dispersão autocórica passiva. A dispersão das sementes dessa espécie também é classificada como barocórica e coincide com o final da estação seca e início das chuvas, favorecendo a germinação e estabelecimento

das plântulas (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 1983, Costa 1988). Nesse texto, a expressão período de frutificação refere-se apenas aos meses em que as sementes são dispersas (agosto a novembro).

Procedimento de campo – Para investigar as variações na taxa de predação pós-dispersão de sementes de *A. falcata*, ao longo da estação de frutificação (início – agosto; pico – outubro e final – novembro) de 2006, foram colocados grupos de 10 sementes (dispostas lado a lado) em 50 pontos experimentais, distantes 20 m entre si, distribuídos ao longo de cinco trilhas perpendiculares ao leito do Córrego Avoadeira. Cada trilha, com 200 m de extensão, foi posicionada paralelamente a 100 m uma da outra para manter uma distribuição aproximadamente equidistante entre os pontos experimentais, garantindo a independência das observações.

Para estudar se os microambientes influenciam a predação de sementes, durante o pico de frutificação, grupos de 10 sementes foram colocados ao longo das cinco trilhas em diferentes microambientes: (i) clareiras naturais ($\cong 50$ a 200 m²) abertas por quedas de árvores, (ii) locais próximos às margens do riacho ($\cong 2$ a 6 m), e (iii) ao lado de troncos caídos (perímetro ≥ 50 cm). Para cada tipo de microambiente, foram estabelecidos 20 pontos.

Para avaliar o efeito da serapilheira na predação de sementes, no início do período de frutificação, foram estabelecidos 50 pontos experimentais distantes 20 m entre si. Em cada ponto, foram colocados dois grupos de sementes, um grupo sobre e outro sob as folhas, separados lateralmente por 40 cm.

Para investigar quais animais (vertebrados ou invertebrados) predavam as sementes e estimar o efeito da distância da planta mãe na predação das sementes, durante o pico de frutificação foram escolhidos 25 indivíduos adultos que apresentavam uma distância mínima de 20 m entre si. Sob cada árvore, a 1 m de distância do tronco, foram estabelecidos dois pontos de observação espaçados 40 cm entre si. Em cada ponto, foram colocadas 10 sementes marcadas com tinta atóxica branca, sendo que um grupo de sementes permaneceu protegido por uma gaiola de exclusão de vertebrados ($42 \times 22 \times 20$ cm e tela com malha de um centímetro) e o outro foi marcado com uma pequena estaca (controle). Outros dois pontos de observação (gaiola e controle) foram estabelecidos a 15 m da planta mãe com o objetivo de estimar o efeito da distância em relação à planta mãe na predação de sementes. A tinta atóxica serviu para diferenciar as sementes experimentais das sementes que poderiam cair no local.

Todas as sementes utilizadas nos experimentos foram coletadas no chão da mata ou diretamente das árvores em frutificação, sendo selecionadas somente aquelas intactas, sem nenhum sinal de dano. Os pontos onde as sementes foram colocadas foram marcados com estacas de madeira para facilitar a localização. O acompanhamento das sementes foi feito semanalmente até que todas as sementes tivessem sido predadas, fungadas, removidas ou germinadas. As

sementes vistoriadas foram classificadas nas seguintes categorias: (i) intactas, quando não apresentavam sinal de manipulação ou germinação; (ii) germinadas, quando foi observada a emissão de radícula; (iii) predadas, quando foram observadas perfurações na semente, (iv) fungadas, quando foram completamente atacadas por fungos; e (v) removidas, quando as sementes não foram encontradas a pelo menos 0,5 m de distância da estaca marcadora do ponto amostral. As sementes removidas foram consideradas predadas neste estudo, pois dificilmente são estocadas por serem pequenas e não apresentarem uma polpa carnosa (Solórsano-Filho 2001, Guimarães Júnior & Cogni 2002). De acordo com Schupp & Frost (1989) e Cintra (1997a), a remoção tende a ser fortemente correlacionada com a predação, mesmo que alguma semente removida sobreviva.

Análise de dados – Para analisar se existiu diferença na predação pós-dispersão de sementes de *A. falcata* ao longo do período de frutificação (início, pico e final), foi utilizada análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey. A ANOVA também foi utilizada para observar se ocorreram diferenças no número de sementes predadas, fungadas, removidas e germinadas nos diferentes microambientes. Em ambos os casos, foram testados os pressupostos de homogeneidade da variância e normalidade dos resíduos exigidos pelo modelo estatístico (Zar 1996).

Para investigar se ocorreram diferenças no número de sementes predadas, fungadas e germinadas sob e sobre a serapilheira foi utilizado o teste *t* pareado (Zar 1996), que foi aplicado na primeira, terceira, quinta e oitava semana de observação. O mesmo teste foi utilizado para analisar a possível influência de predadores vertebrados ou invertebrados na mortalidade de sementes.

Para avaliar possíveis diferenças nas taxas de predação de sementes em relação à distância dos indivíduos adultos foi utilizado o teste *t*.

Resultados

Varição temporal na predação – No início do período de frutificação (agosto) nas três primeiras semanas após a dispersão experimental, o número de sementes predadas e removidas foi 86 (17,2%) e 212 (42,4%), respectivamente. A partir da quarta semana, 32 (6,4%) sementes foram atacadas por fungos e somente 11 sementes germinaram (2,2%). Na sétima semana, todas as sementes usadas no experimento já tinham sido predadas (196; 39,2%) ou removidas (261; 52,2%). As demais foram mortas por fungos e mesmo as que germinaram, não conseguiram sobreviver como plântulas (figura 1).

Durante o pico de frutificação (outubro), das 500 sementes utilizadas no experimento: 231 (46,2%) germinaram, 260 (52%) foram removidas e nove (1,8%) foram predadas na primeira semana. Das 231 sementes

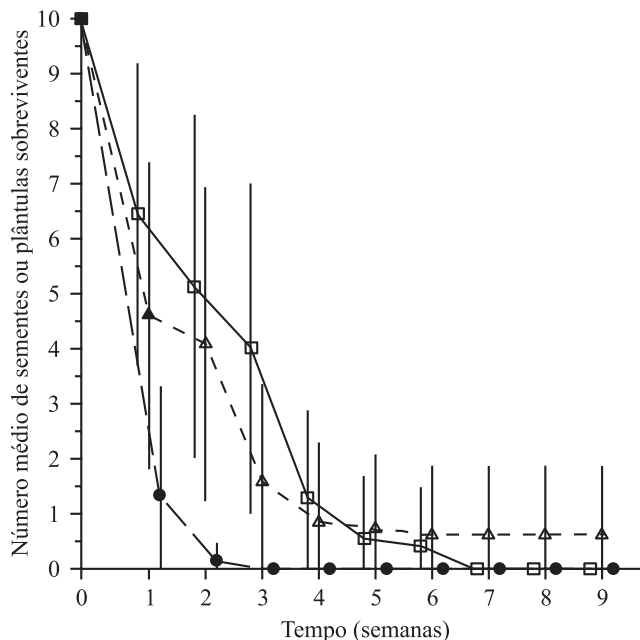


Figura 1. Curva de sobrevivência de sementes e/ou plântulas de *Anadenanthera falcata* ao longo da estação de frutificação (□ = início: agosto, ▲ = pico: outubro e ● = final: novembro) em uma área de mata de galeria no Parque Estadual da Serra Azul, Barra do Garças, MT. Linhas verticais = desvio padrão. Durante o pico de frutificação Δ = plântulas.

Figure 1. Survivorship curve of seeds and/or seedlings of *Anadenanthera falcata* along the fruiting season (□ = beginning: August, ▲ = peak: October and ● = end: November) in an area of gallery forest in “Parque Estadual da Serra Azul” Barra do Garças, MT. Vertical lines = standard deviation. During fruiting peak Δ = seedlings.

que germinaram, somente 31 (13,4%) sobreviveram como plântulas até a nona semana (figura 1).

No final da estação de frutificação (novembro) após duas semanas de exposição, o número de sementes predadas e removidas foi 176 (35,2%) e 315 (63,0%), respectivamente. Apenas duas (0,4%) sementes fungaram e sete (1,4%) germinaram. As sementes fungadas e germinadas não sobreviveram até o estágio de plântulas.

Durante o pico de frutificação, após a ocorrência das primeiras chuvas, o número de sementes germinadas foi maior se comparado com o início e final da estação de frutificação (figura 2).

Considerando-se as fases de semente e plântula em conjunto, observou-se que a sobrevivência de sementes e/ou plântulas de *A. falcata* nas quatro primeiras semanas foi maior no início da estação de frutificação. No entanto, após a quinta semana a sobrevivência de sementes e/ou plântulas foi maior durante o pico de frutificação. No

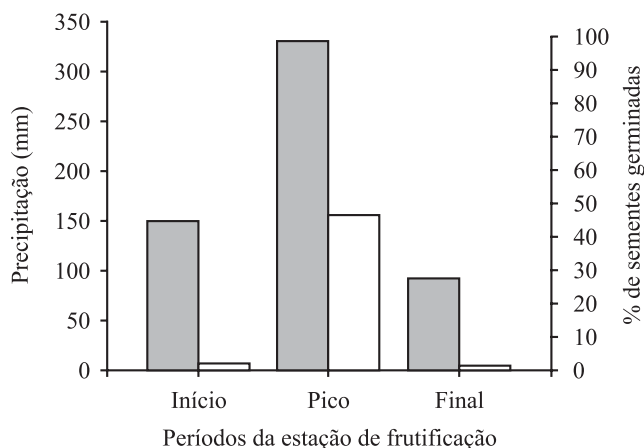


Figura 2. Variação da precipitação (■) e porcentagem de germinação das sementes (□) de *Anadenanthera falcata* ao longo da estação de frutificação em uma área de mata de galeria no Parque Estadual da Serra Azul, Barra do Garças, MT. $n = 500$ para cada período. (Os dados pluviométricos foram obtidos na estação meteorológica da Infraero em Barra do Garças, MT).

Figure 2. Rainfall (■) and germination rates (□) of *Anadenanthera falcata* seeds along the fruiting season in an area of gallery forest in “Parque Estadual da Serra Azul”, Barra do Garças, MT. $n = 500$ for each period. (Rainfall data were obtained from Infraero weather station at Barra do Garças, MT)

final da estação de frutificação, não houve sementes sobreviventes a partir da terceira semana (figura 1).

Houve diferença significativa na predação de sementes de *A. falcata* ao longo da estação de frutificação (ANOVA, $F_{2,147} = 83,93$; $P < 0,001$). O teste de Tukey mostrou diferença significativa no número de sementes predadas no pico ($5,38 \pm 2,76$) em relação ao início ($9,14 \pm 1,45$) e final ($9,80 \pm 0,63$) da estação de frutificação, mas o início e final não diferiram significativamente entre si.

Variação espacial na predação nos microambientes – Das 600 sementes utilizadas no início do experimento nos diferentes microambientes apenas os locais próximos ao riacho apresentaram três (1,5%) sementes predadas na quarta semana (final do experimento). Nenhum dos microambientes apresentou sementes fungadas. O número total de sementes removidas foi 129 (64,5%) nas clareiras, 107 (53,5%) nas proximidades do riacho e 126 (63%) ao lado de troncos caídos. Das 200 sementes colocadas em cada tratamento, 71 (35,5%) nas clareiras, 90 (45%) próximo de riachos e 74 (37%) ao lado de troncos caídos germinaram na primeira semana de exposição. Dessas, 30 (12,7%), oito (3,4%) e 12 (5,1%)

respectivamente, sobreviveram como plântulas até a quarta semana. Não foram encontradas diferenças significativas em relação ao destino das sementes predadas (ANOVA, $F_{2,57} = 1,87$; $P = 0,16$), removidas (ANOVA, $F_{2,57} = 0,85$; $P = 0,43$) e germinadas (ANOVA, $F_{2,57} = 0,64$; $P = 0,53$) entre os três microambientes (figura 3).

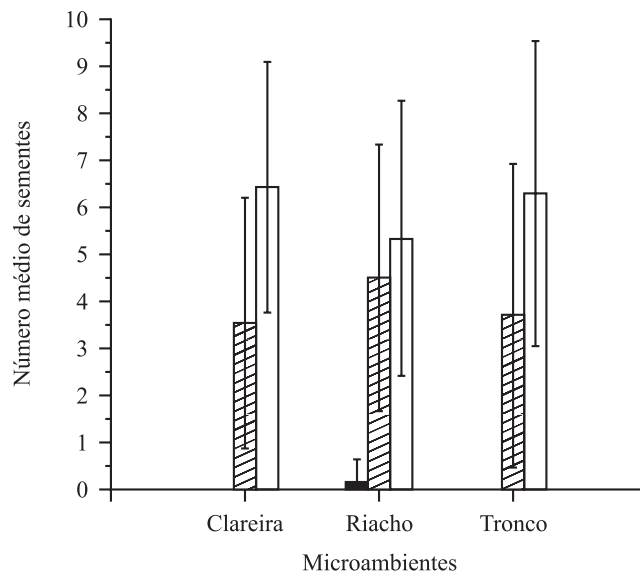


Figura 3. Estado final das sementes (número médio de sementes: predadas (■), germinadas (▨) e removidas (□)) após quatro semanas de exposição em diferentes microambientes em uma área de mata de galeria no Parque Estadual da Serra Azul, Barra do Garças, MT. Linhas verticais = desvio padrão.

Figure 3. Seed fate (average number of seeds: damaged (■) germinated (▨) removed (□)) after four weeks in distinct microhabitats in an area of gallery forest in “Parque Estadual da Serra Azul” Barra do Garças, MT. Vertical lines = standard deviation.

Serapilheira – Das 1000 sementes (500 sob e 500 sobre) utilizadas nesse experimento, sob a serapilheira foram predadas 144 (28,8%) e fungadas 60 (12 %) durante as quatro primeiras semanas. Nesse mesmo período, sobre a serapilheira 182 (36,4 %) sementes foram predadas e 16 (3,2%) fungadas. Um total de 128 (25,6%) sementes sob e 120 (24%) sobre a serapilheira foram removidas nos primeiros dias após serem expostas. A partir da quarta semana as sementes começaram a germinar, sendo que somente 14 (2,8%) germinaram sob e 21 (4,2%) sobre a serapilheira, mas nenhuma dessas sementes sobreviveu até o final do experimento. Na nona semana todas as sementes utilizadas nos experimentos já tinham chegado ao seu destino final (predadas, fungadas, removidas e germinadas) (figura 4). Não foram encontradas diferenças

significativas para o número de sementes predadas sob e sobre a serapilheira na primeira ($t = 1,02$; $gl = 49$; $P = 0,30$) e terceira ($t = 1,73$; $gl = 49$; $P = 0,09$) semanas de observação. Na quinta e oitava semanas o número de sementes predadas foi significativamente maior sobre do que sob a serapilheira ($t = 2,45$; $gl = 49$; $P = 0,018$) e ($t = 2,50$; $gl = 49$; $P = 0,016$), respectivamente (figura 4). Houve maior número de sementes fungadas sob a serapilheira na terceira ($t = 2,13$; $gl = 49$; $P = 0,03$), quinta ($t = 3,13$; $gl = 49$; $P = 0,003$) e oitava ($t = 2,50$; $gl = 49$; $P = 0,01$) semanas. Não foram encontradas diferenças significativas em relação ao número de sementes germinadas sob e sobre a serapilheira na quinta ($t = 0,86$; $gl = 49$; $P = 0,39$) e oitava ($t = 0,98$; $gl = 49$; $P = 0,33$) semanas de observação. Considerando todos os fatores de mortalidade juntos, pode-se observar que apenas na terceira semana, a sobrevivência das sementes foi significativamente maior sobre ($4,96 \pm 3,20$) do que sob ($3,64 \pm 2,97$) a serapilheira ($t = 2,57$; $gl = 49$; $P = 0,01$) (figura 4).

Influência de animais vertebrados ou invertebrados na mortalidade de sementes – Das 250 sementes colocadas

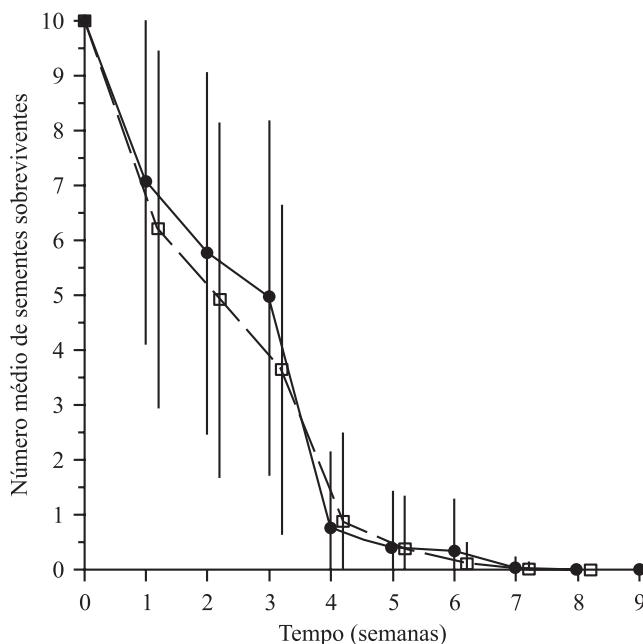


Figura 4. Número médio de sementes de *Anadenanthera falcata* sobreviventes sob (□) e sobre (●) a serapilheira em uma área de mata de galeria no Parque Estadual da Serra Azul, Barra do Garças, MT. Linhas verticais = desvio padrão.

Figure 4. Survivorship curve of *Anadenanthera falcata* seeds under (□) and on (●) the leaf litter in an area of gallery forest in “Parque Estadual da Serra Azul”, Barra do Garças, MT. Vertical lines = standard deviation.

a 1 m de distância (controle próximo), 89 (35,6%) germinaram e 161 (64,4%) foram removidas. Das 250 sementes colocadas sob a gaiola a 1 m de distância 104 (41,6%) germinaram e 146 (58,4%) foram removidas. Não foram encontradas diferenças significativas no número de sementes germinadas e removidas entre controle e gaiola a 1 m ($t = 1,06$; $gl = 24$; $P = 0,29$). Em nenhum desses tratamentos foram encontradas sementes fungadas ou predadas. Nas sementes colocadas a 15 m de distância (controle distante) 97 (38,8%) germinaram e 153 (61,2%) foram removidas. No tratamento sob a gaiola, 112 (44,8%) sementes germinaram, 137 (54,8%) foram removidas e apenas uma foi predada (figura 5). Nesse experimento, também não foram encontradas diferenças significativas no número de sementes germinadas e removidas entre controle e gaiola ($t = 1,3$; $gl = 24$; $P = 0,20$) (figura 5), sugerindo que apenas os invertebrados atuam como predadores de sementes de *A. falcata*. Das 402 sementes que germinaram nos

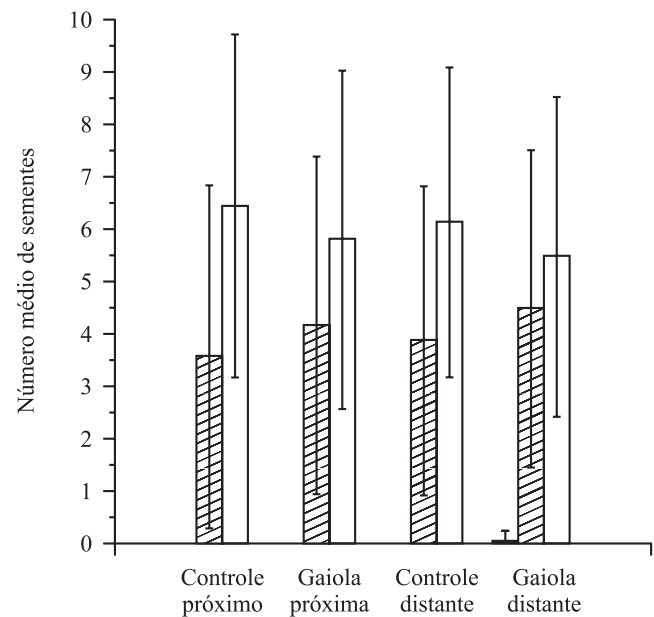


Figura 5. Destino final das sementes (número médio de sementes: predadas (■), germinadas (▨) e removidas (□) nos tratamentos controle e gaiola próximos (1 m) e distantes (15 m) da planta-mãe após quatro semanas de exposição em uma área de mata de galeria no Parque Estadual da Serra Azul, Barra do Garças, MT. Linhas verticais = desvio padrão.

Figure 5. Seed fate (average number of seeds: damaged (■) germinated (▨) removed (□) different treatments control and cage near (1 m) and far (15 m) from parent tree) after four weeks in an area of gallery forest in “Parque Estadual da Serra Azul”, Barra do Garças, MT. Vertical lines = standard deviation.

tratamentos, apenas 74 (7,4%) sobreviveram até a última semana de observação (quarta semana). Os únicos animais observados predando as sementes de *A. falcata* no PESA foram formigas *Solenopsis (Diplorhoptum)* sp. que ao perfurar a testa das sementes danificam o endosperma/embrão, impossibilitando a germinação.

Efeito da distância em relação à planta mãe – O número total de sementes germinadas a 1 m e a 15 m de distância da planta mãe foram 193 (38,6%) e 209 (41,8%) respectivamente e as sementes removidas foram 307 (61,4%) próximo e 290 (58%) distante. Não foi observada nenhuma semente fungada nos tratamentos e apenas uma semente foi predada distante da planta mãe. Das sementes que germinaram a 1 m e a 15 m de distância da planta mãe, 39 (20,2%) e 35 (16,7%) respectivamente, sobreviveram até o término do experimento (quarta semana). Não foram encontradas diferenças significativas no número de sementes germinadas e removidas ($t = 0,43$; $gI = 24$; $P = 0,66$) a 1 e 15 m de distância da planta mãe (figura 6).

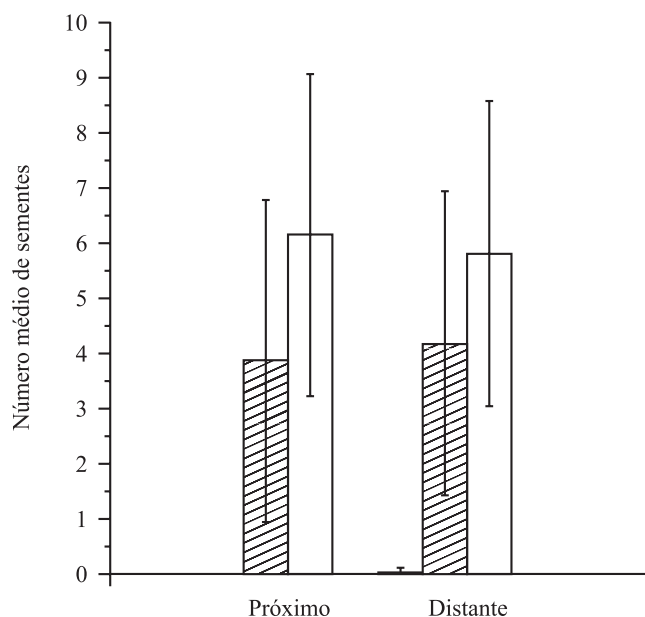


Figura 6. Destino final das sementes (número médio de sementes: predadas (■), germinadas (▨) e removidas (□) próximo (1 m) e distante (15 m) da planta mãe) após quatro semanas de exposição em uma área de mata de galeria no Parque Estadual da Serra Azul, Barra do Garças, MT. Linhas verticais = desvio padrão.

Figure 6. Seed fate (average number of seeds: damaged (■) germinated (▨) removed (□) near (1 m) and far (15 m) from parent tree) after four weeks in an area of gallery forest in “Parque Estadual da Serra Azul”, Barra do Garças, MT. Vertical lines = standard deviation.

Discussão

A variação na predação de sementes de *A. falcata* ao longo da estação de frutificação pode estar relacionada com a atividade dos predadores, pois o número de sementes predadas foi menor no início do que no pico e no final da estação (figura 1). O fato das sementes terem sido menos predadas no início da estação pode ser decorrente dos predadores não estarem em plena atividade, por ainda não terem localizado as estações experimentais e/ou devido à baixa disponibilidade de sementes de angico nesse período. Segundo Peres *et al.* (1997), a taxa de predação tende a aumentar com a localização da fonte de recurso pelo predador e também com o aumento da densidade do recurso (Sánchez-Cordero & Martínez-Gallardo 1998, Hulme & Borelli 1999, Fragoso *et al.* 2003, Honek *et al.* 2005). Esse período inicial de frutificação parece ser vantajoso para a planta dispersar sementes, pois conforme indicam nossos dados, as sementes permanecem viáveis por mais tempo no ambiente.

Durante as primeiras semanas do pico de frutificação, as sementes foram mais predadas do que no início da estação, provavelmente porque a abundância de sementes de angico dispersas naturalmente no ambiente, favoreceu o aumento da predação nos pontos experimentais. Segundo Peres *et al.* (1997), locais com maior abundância de sementes podem apresentar maior predação devido ao aprendizado dos predadores quanto aos locais fonte de recurso. Honek *et al.* (2005), estudando predação pós-dispersão de sementes de *Taraxacum officinale* (dente-de-leão) na República Tcheca, demonstraram que a predação de sementes e a atividade dos predadores aumentava com a abundância de sementes. Cintra (1997b) também observou uma correlação positiva entre a densidade de sementes no ambiente e o número de sementes predadas para *Astrocaryum murumuru* em Cocha Cashu no Peru. No PESA, apesar da taxa de predação ter sido maior durante as primeiras semanas do pico de frutificação, o número de sementes germinadas foi maior. A sobrevivência das sementes e/ou plântulas a partir da quinta semana foi maior durante o pico de frutificação do que no início (figura 1).

O maior número de sementes germinadas durante o pico da estação de frutificação pode estar relacionado à abundância de recurso, já que os predadores, aparentemente, não consomem todas as sementes disponíveis e muitas destas sobrevivem escapando da predação. De acordo com Forget (1996), a saciação de predadores pós-dispersão pode ocorrer em árvores que frutificam tardiamente, pois as sementes tendem a se acumular no solo com o tempo.

Forget *et al.* (1999), estudando como a taxa de predação pré e pós-dispersão de sementes de *Tachigali versicolor* varia ao longo da estação de frutificação, observaram que a predação de sementes foi bem menor durante o pico de frutificação, devido à saciação dos predadores durante este período. von Allmen *et al.* (2004) estudando a predação de sementes de *Euterpe edulis* na Floresta Atlântica em São Paulo, também observaram que as sementes dispersadas no pico de frutificação parecem ter maior chance de sobrevivência do que aquelas dispersadas no início e final da estação. Árvores que apresentam produtividade de frutos elevada têm maior chance de que suas sementes escapem da predação devido à saciação do predador (Salm 2006). Essa situação pode ser observada a partir da quarta semana, quando o número de sementes predadas foi menor e a sobrevivência foi maior no pico do que no início e no final da estação (figura 1).

Outro fator que também pode ter contribuído para maior número de sementes germinadas foram as primeiras chuvas de verão que ocorreram em setembro, próximo ao pico da estação de frutificação (figura 2). De acordo com Oliveira (1998), o início das chuvas é o período mais favorável para a germinação das espécies do cerrado e parece ter favorecido *A. falcata* na área. Kelly *et al.* (1992) sugerem que o escape da predação de sementes pode depender não só da abundância de sementes, mas também de outros fatores ecológicos, incluindo condições microclimáticas.

No final da estação de frutificação, o rápido declínio das sementes na primeira semana de observação ocorreu devido à ação dos predadores, os quais possivelmente já conheciam as estações experimentais e puderam consumir grande parte das sementes rapidamente. É provável que nos anos em que as chuvas adiantam ou que a frutificação atrase, as sementes dispersadas no início da estação de frutificação sejam menos predadas e escapem da predação, pois os predadores ainda não estão em máxima atividade e as primeiras chuvas podem desencadear o processo germinativo.

Nossos dados indicam que os predadores pós-dispersão de sementes de *A. falcata* não utilizaram de forma diferenciada os microambientes da área estudada. As formigas, principal predador de sementes de *A. falcata* na área, por serem muito abundantes no local (obs. pessoal), aparentemente não tiveram dificuldades para encontrar as sementes, independente do microsítio em que foram expostas. Além disso, o fato das sementes estarem distribuídas de forma agrupada nos diferentes microsítios deve ter favorecido a predação por formigas, já que estes invertebrados geralmente respondem melhor a concentração de recursos (Hölldobler & Wilson 1990).

Andersen (1991), estudando o impacto causado pelas formigas em florestas de eucalipto na Austrália, observou que as formigas são importantes predadoras pós-dispersão de sementes, podendo exercer forte impacto negativo no recrutamento. Além disso, o tamanho da semente de *A. falcata* pode ter favorecido a remoção/predação das sementes, já que, segundo Samson *et al.* (1992), formigas tendem a remover prontamente sementes pequenas. Segundo Nepstad *et al.* (1996), em florestas tropicais, sementes com massa acima de 1 g apresentam remoção/predação inferiores a 20%, enquanto sementes com massa inferior a 1 g apresentam remoção superior a 60% em 10 dias de observação.

No experimento de microambientes, muitas sementes germinaram escapando da predação, provavelmente porque esse experimento, realizado durante o pico de frutificação de *A. falcata*, coincidiu com o início das chuvas que favoreceram a germinação. Portanto, para *A. falcata* no PESA, o escape da predação de sementes está mais relacionado com a queda das chuvas quando as sementes são dispersas, do que com o local onde elas são depositadas.

A sobrevivência das sementes de *A. falcata* não foi influenciada pela diferença encontrada no número de sementes predadas sob e sobre a serapilheira, possivelmente, devido ao experimento ter sido realizado no início do período de frutificação, período seco antes do início das chuvas, quando os predadores necessitam investir mais tempo na procura de alimento, e consomem todas as sementes quando as encontram. De acordo com Cintra (1997a), durante o período da seca, a escassez de alimento pode induzir predadores a investirem mais tempo na procura de comida do que na estação chuvosa e, conseqüentemente, as sementes não devem sobreviver por longos períodos. Provavelmente, por este motivo, as sementes de *A. falcata* não sobreviveram até o final do experimento.

A serapilheira pode favorecer a sobrevivência das sementes se a dispersão dos propágulos ocorrer antes da queda das folhas observada no período da seca, pois a proteção oferecida pela cobertura da serapilheira dificulta o encontro das sementes pelos predadores (Cintra 1997a). Embora no PESA, a ação dos predadores pós-dispersão tenha sido maior sobre a serapilheira, a perda de sementes atacadas por fungos foi maior sob a serapilheira, sugerindo que para *A. falcata* dispersar as sementes antes ou depois da queda de folhas é indiferente para sua sobrevivência. A presença da serapilheira também não foi importante para sobrevivência de *Faramea occidentalis* na floresta tropical do Panamá (Schupp 1989) e de várias espécies da floresta tropical na Austrália (Willson 1988).

Os animais vertebrados não contribuíram para a mortalidade de sementes de *A. falcata* no PESA.

Independente das sementes estarem acessíveis (controle) ou inacessíveis (sob a gaiola de exclusão) aos animais vertebrados como aves e mamíferos, as taxas de sobrevivência foram similares, sugerindo que a predação por invertebrados é que limita a formação de plântulas de *A. falcata* na área de estudo. As sementes pequenas possivelmente representam retorno energético baixo para os vertebrados não favorecendo sua exploração. De acordo com Nespstad *et al.* (1996), sementes pequenas têm maior probabilidade de remoção/predação por invertebrados, enquanto sementes maiores são predadas por animais maiores como mamíferos e aves.

A predação de sementes por invertebrados, especialmente formigas, nos ambientes tropicais pode ser responsável pela redução de sementes disponíveis para seu estabelecimento (Nespstad *et al.* 1996, Pizo 1997). Faria (2004), estudando a remoção e predação pós-dispersão de sementes de *Kilmeyera coriacea* (Spreng.) Mart. e *Qualea grandiflora* na Fazenda Experimental da Universidade de Brasília, observou que as formigas também reduziram a quantidade de sementes disponíveis para a germinação. Retana *et al.* (2004), estudando o duplo papel das formigas como predadoras e dispersoras de sementes de *Lobularia maritima*, observaram maior predação das sementes com o aumento da atividade das formigas. A predação por formigas é um fator regulador importante para a dinâmica reprodutiva das plantas (Samson *et al.* 1992, Wilby & Shachak 2000) e provavelmente tem um grande impacto na germinação e estabelecimento de plântulas de *A. falcata* no PESA.

Aparentemente o modelo de recrutamento de Janzen-Connell não pode ser aplicado para *A. falcata* no PESA. Como as formigas são muito abundantes na área, não devem apresentar dificuldades para encontrar as sementes, independente da distância em relação à planta mãe, pelo menos na escala em que foram feitos os experimentos no PESA (distância máxima 15 m). Notman *et al.* (1996) também observaram que a predação de sementes de *Macoubea guianensis* Aubl. por formigas ocorreu independentemente da densidade ou distância da planta mãe.

Estudos realizados com outras espécies tem aceito total ou parcialmente (Peres *et al.* 1997, Wenny 2000, Wright & Duber 2001, Norghauer *et al.* 2006) ou não corroborado (Blate *et al.* 1998, von Allmen *et al.* 2004, Ziparro & Morellato 2005, Salm 2006) o modelo de Janzen-Connell para predação de sementes, sugerindo que outros fatores, além da densidade e distância em relação à planta mãe, podem influenciar a predação nas florestas tropicais.

Embora a dispersão seja considerada um dos principais mecanismos de defesa contra a predação de

sementes, para *A. falcata* no PESA (pelo menos na escala observada) eventos de dispersão não contribuem para o escape da predação. A intensa atividade de formigas predadoras de sementes foi independente do sítio de deposição das sementes de angico ou da distância da planta mãe, sendo certamente um fator limitante para o recrutamento de *A. falcata* no PESA. O período de ocorrência das chuvas, que estimula a germinação, deve ser importante para que as sementes de angico germinem e escapem da predação pós-dispersão. Dessa forma, a variação na ocorrência de chuvas de ano para ano certamente provoca oscilações nas taxas anuais de recrutamento de *Anadenanthera falcata* no PESA.

Agradecimentos – Somos gratos à Secretaria Estadual do Meio Ambiente de Mato Grosso, por tornar possível nosso trabalho no Parque Estadual da Serra Azul; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso, Fapemat (Processo Nº 380/05) pela concessão da bolsa de estudo ao primeiro autor e apoio financeiro para consolidação do Grupo de Pesquisa Ecologia (Processo Nº 550/04). Aos Profs. Drs. Roberto Leung e Lúcia Mateus, pelo auxílio com a estatística e leitura crítica do manuscrito, ao Max Suel pelas gaiolas, Renata Pacheco pela identificação da formiga e a Laura Vivian Barbosa Silva pela total dedicação e preciosa ajuda no campo.

Referências bibliográficas

- ALEXANDER, H.M., CUMMINGS, C.L., KAHN, L. & SNOW, A.A. 2001. Seed size variation and predation of seeds produced by wild and crop-wild sunflowers. *American Journal of Botany* 88:623-627.
- ANDERSEN, A.N. 1991. Seed harvesting by ants in Australia. *In* Ant-plant interactions (C.R. Huxley & D.F. Cutler, eds.). Oxford University Press, Oxford, p.493-503.
- ANDRESEN, E. 2002. Primary seed dispersal by red howler monkeys and the effect of defecation patterns on the fate of dispersed seeds. *Biotropica* 34:261-272.
- BLATE, G.M., PEART, D.R. & LEIGHTON, M. 1998. Post-dispersal predation on isolated seeds: a comparative study of 40 tree species in a Southeast Asian rainforest. *Oikos* 82:522-538.
- CINTRA, R. 1997a. Leaf litter effects on seed and seedling predation on the palm *Astrocaryum murumuru* and the legume tree *Dipteryx micrantha* in Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology* 13:709-725.
- CINTRA, R. 1997b. A test the Janzen-Connell model with two common tree species in Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology* 13:641-658.
- CINTRA, R. & HORNA, V. 1997. Seed and seedling survival of the palm *Astrocaryum murumuru* and the legume *Dipteryx micrantha* in Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology* 13:257-277.

- CINTRA, R. & TERBORGH, J. 2000. Forest microspatial heterogeneity and seed and seedling survival of the palm *Astrocaryum murumuru* and legume *Dipteryx micrantha* in an Amazonian forest. *Ecotropica* 6:77-88.
- COSTA, R.B. 1988. Avaliação do sistema reprodutivo de *Anadenanthera falcata* Benth., *Vochysia tucanorum* Mart. e *Xylopia aromatica* Baill. em área de cerrado no município de Itirapina, Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- COSTA, R.B, KAGEYAMA, P.Y. & MARIANO, G. 1992. Estudo do sistema de cruzamento de *Anadenanthera falcata* Benth., *Vochysia tucanorum* Mart. e *Xylopia aromatica* Aill., em área de cerrado. *Revista Brasileira de Sementes* 14:93-96.
- DIAS, F.V. 2006. Fitossociologia da Mata de Galeria do Córrego Avoadeira, Parque Estadual da Serra Azul, Barra do Garças, MT. Monografia de graduação, Instituto Universitário do Araguaia, UFMT, Pontal do Araguaia.
- FARIA, I.P. 2004. Efeito da predação, sazonalidade climática e tipo de habitat no estabelecimento e desenvolvimento das lenhosas *Kielmeyera coriacea* (Spreng.) Mart. e *Qualea grandiflora* Mart. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.
- FEMA. 2000. Diagnóstico ambiental do Parque Estadual da Serra Azul. Governo do Estado de Mato Grosso, Cuiabá, v.1.
- FORGET, P.M. 1996. Removal of seeds of *Carapa procera* (Meliaceae) by rodents and their fate in rainforest in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 12:751-761.
- FORGET, P.M, KITAJIMA, K. & FOSTER, R.B. 1999. Pre and post-dispersal seed predation in *Tachigali versicolor* (Caesalpiniaceae): effects of timing of fruiting and variation among trees. *Journal of Tropical Ecology* 15:61-81.
- FRAGOSO, J.M., SILVIUS, L.M. & CORREA, J.A. 2003. Long-distance seed dispersal by tapirs increases seed survival end aggregates tropical trees. *Ecology* 84:1998-2006.
- FRANCISCO, M.R., OLIVEIRA, V. & GALETTI, M. 2003. Massive seed predation of *Pseudobombax grandiflorum* (Bombacaceae) by parakeets *Brotogeris versicolurus* (Psittacidae) in a forest fragment in Brazil. *Biotropica* 34:613-615.
- FURTINI NETO, A.E., REZENDE, A.V., VALE, F.R., FAQUIN, V. & FERNANDES, L.A. 1999. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. *Cerne* 5:1-12.
- GOTTSBERGER, G. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 1983. Dispersal and distribution in the cerrado vegetation of Brazil. *Sonderbänd des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg* 7:315-352.
- GUIMARÃES JÚNIOR, P.R. & COGNI, R. 2002. Seed cleaning of *Cupania vernalis* (Sapindaceae) by ants: edge effect in a highland forest in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 18:303-307.
- HARMS, K.E, WRIGHT, S.J., CALDERÓN, O., HERNÁNDEZ, A. & HERRE, E.A. 2000. Pervasive density-dependence recruitment enhances seedling diversity in a tropical forest. *Nature* 404:493-495.
- HOCH, G.A. & ADLER, G.H. 1997. Removal of black palm (*Astrocaryum standleyanum*) seeds by spiny rats (*Proechimys semispinosus*). *Journal of Tropical Ecology* 66:781-791.
- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E.O. 1990. The ants. Harvard University Press, Cambridge.
- HONEK, A., MARTINKOVA, Z. & SASKA, P. 2005. Post-dispersal predation of *Taraxacum officinale* (dandelion) seed. *Journal of Tropical Ecology* 93:345-352.
- HULME, P.E. & BORELLI, T. 1999. Variability in post-dispersal seed predation in deciduous woodland: relative importance of location, seed species, burial and density. *Plant Ecology* 145:149-156.
- KELLY, D., MCKONE, M.J., BATCHELOR, K.J. & SPENCE, J.R. 1992. Mast seeding of *Chionochloa* (Poaceae) and pre-dispersal seed predation by a specialist (Diptera: Chloropidae) New Zealand. *Journal of Botany* 30:125-133.
- KÖPPEN, W. 1948. *Climatologia*. Fondo de Cultura Económica, Mexico.
- LORENZI, H. 2002. Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Plantarum, Nova Odessa, v.1.
- MOLOFSKY, J. & AUGUSTPURGER, C.K. 1992. The effect of leaf litter on early seedling establishment in a tropical forest. *Ecology* 73:68-77.
- NEPSTAD, D.C., UHL, C., PEREIRA, C.A. & SILVA, J.M.C. 1996. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of eastern Amazônia. *Oikos* 76:25-39.
- NORGHAUER, J.M., MALCOLM, J.R., ZIMMERMAN, B.L. & FELFILI, J.M. 2006. An experimental test of density and distant-dependent recruitment of mahogany (*Swietenia macrophylla*) in southeastern Amazonia. *Oecologia* 148:437-446.
- NOTMAN, E., GORCHOV, D.L. & CORNEJO, J. 1996. Effect of distance, aggregation, and habitat on levels of seed predation for two mammal dispersed neotropical rain forest tree species. *Oecologia* 106:221-227.
- OLIVEIRA, P.E. 1998. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In *Cerrado: ambiente e flora* (S.M. Sano & S.P. Almeida, eds.). Embrapa-CPAC Planaltina, DF, p.169-192.
- PERES, C.A., SCHIESARI, L.C. & DIAS-LEME, C.L. 1997. Vertebrate predation of Brazil-nuts (*Bertholetia excelsa*, Lecythidaceae), an agouti-dispersed Amazonian seed crop: a test of the escape hypothesis. *Journal of Tropical Ecology* 13:69-79.
- PIZO, M.A. 1997. Seed dispersal and predation in two populations of *Cabralea canjerana* (Meliaceae) in the Atlantic forest of southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 13:559-578.

- RETANA, J., PICÓ, F.X. & RODRIGO, A. 2004. Dual role of harvesting ants as seed predators and dispersers of a non-myrmecorous Mediterranean perennial herb. *Oikos* 105:377-385.
- SALM, R. 2006. Invertebrate and vertebrate seed predation in the Amazonian palm *Attalea maripa*. *Biotropica* 38:558-560.
- SAMSON, D., PHILIPPI, T.E. & DAVIDSON, D.W. 1992. Granivory and competition as determinants of annual plant diversity in the Chihuahuan desert. *Oikos* 65: 61-80.
- SÁNCHEZ-CORDERO, V. & MARTÍNEZ-GALLARDO, R. 1998. Post dispersal fruit and seed removal by forest-dwelling rodents in a lowland rainforest in México. *Journal of Tropical Ecology* 14:139-151.
- SCHUPP, E.W. 1989. Factors affecting post-dispersal seed survival in a tropical forest. *Oecologia* 76:525-530.
- SCHUPP, E.W. & FROST, E.J. 1989. Differential predation of *Welfia georgii* seeds in treefall gaps and the forest understory. *Biotropica* 21:200-203.
- SOLÓRSANO-FILHO, J.A. 2001. Demografia, fenologia e ecologia da dispersão de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze (Araucariaceae), numa população relictual em Campos do Jordão, SP. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- THEIMER, T.C. 2001. Seed scatter-hoarding by white-tailed rats: consequences for seedling recruitment by an Australian rain forest tree. *Journal of Tropical Ecology* 17:177-189.
- VON ALLMEN, C., MORELLATO, L.P.C. & PIZO, M.A. 2004. Seed predation under high seed density condition: the palm *Euterpe edulis* in the Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Tropical Ecology* 20:471-474.
- WENNY, D.G. 2000. Seed dispersal, seed predation, and seedling recruitment of a neotropical montane tree. *Ecological Monographs* 70:471-474.
- WHELAN, C.J., WILLSON, M.F., TUMA, C.A. & SOUZA-PINTO, I. 1991. Spatial and temporal patterns of postdispersal seed predation. *Canadian Journal of Botany* 69:428-436.
- WILBY, A. & SHACHAK, M. 2000. Harvester ant response to spatial and temporal heterogeneity in seed availability: pattern in the process of granivory. *Oecologia* 125:495-503.
- WILLSON, M.F. 1988. Spatial heterogeneity of post-dispersal survivorship of Queensland rainforest seeds. *Australian Journal of Ecology* 13:137-145.
- WRIGHT, S.J. & DUBER, H.C. 2001. Poachers and forest fragmentation alter seed dispersal, seed survival, and seedling recruitment in the palm *Attalea butyracea*, with implications for tropical tree diversity. *Biotropica* 33:583-595.
- ZAR, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, New Jersey.
- ZIPARRO, V.B., MORELLATO, L.P.C. 2005. Seed predation of *Virola bicuhyba* (Schott) Warb. (Myristicaceae) in the Atlantic forest of south-eastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 28:515-522.