

**INFLUÊNCIA DA BORDA E DO ISOLAMENTO NA FENOLOGIA E NO SUCESSO
REPRODUTIVO DE *ANADENANTHERA FALCATA* (BENTH.) SPEG.
(FABACEAE) EM UMA REGIÃO DE CERRADO *STRICTO SENSU*,
ITIRAPINA, SÃO PAULO**

EDUARDO ANVERSA ATHAYDE

**Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências da Universidade Estadual Paulista
“Julio de Mesquita Filho”, Campus Rio
Claro, para a obtenção do título de mestre em
Biologia Vegetal**

**Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
Maio de 2007**

**INFLUÊNCIA DA BORDA E DO ISOLAMENTO NA FENOLOGIA E NO SUCESSO
REPRODUTIVO DE *ANADENANTHERA FALCATA* (BENTH.) SPEG.
(FABACEAE) EM UMA REGIÃO DE CERRADO *STRICTO SENSU*,
ITIRAPINA, SÃO PAULO**

EDUARDO ANVERSA ATHAYDE

Orientadora: LEONOR PATRICIA CERDEIRA MORELLATO

**Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências da Universidade Estadual
Paulista “Julio de Mesquita Filho”,
Campus Rio Claro, para a obtenção do
título de mestre em Biologia Vegetal**

**Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
Maio de 2007**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora, Profa. Dra. Patrícia Morellato, pela paciência, pela vontade e pela disposição em ensinar sem nem mesmo me conhecer direito.

Aos membros da banca.

Ao Dr. Peter Feisinger pela ajuda na parte inicial de elaboração dessa tese.

Ao Dr. Carlos Sanchèz por estar sempre disposto a ajudar, pela grande amizade e carinho que sinto e aos momentos que passamos juntos; mesmo estando longe ainda lembro de nossa amizade.

Ao Luis Fernando Alberti pelas discussões e sugestões sobre a elaboração dessa tese e apoio na minha chegada a Rio Claro, além das longas e proveitosas discussões sobre estatística.

A minha querida mulher Joseane, pela paciência, apoio e amor imensuráveis de que eu tanto preciso e precisei, e pela alegria da convivência e da compreensão que tem me dado durante todo esse tempo.

Aos meus colegas que sempre estão dispostos em ajudar Amira, Gabi, Brunão, Paula, Eliana, João, Aloísio, Vanessa, Andréa, Rubim.

Aos meus amigos que estão longe, mas participaram de uma forma ou de outra na elaboração dessa tese, Eduardo, Jean, Cleiton, João Pedro; mesmo longe ainda me lembro de vocês.

Aos meus queridos e amados irmãos, que sempre estarão em meu coração, Ricardo e Dirceu. Vocês foram muitas vezes uma inspiração para mim.

Ao meu Pai por sempre acreditar em mim, pelo amor e respeito.

A minha amada Mãe, que tanto amo, de todo o meu coração, que sempre me apoiou e encorajou que chora muitas vezes de saudades, por tudo que fez e faz em minha vida.

Aos professores e funcionários da pós-graduação em Biologia Vegetal da UNESP Rio Claro pelos anos de convivência.

A UNESP pelo apoio logístico.

A CAPES, pela bolsa concedida durante o mestrado.

A MINHA MÃE DEDICO

Viver é arte, pois a vida é uma tela com rabiscos
que ninguém sabe o final, mas podemos definir
os seus planos.

Eduardo Anversa Athayde

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS E FIGURAS.....	01
Resumo.....	04
Abstract.....	05
INTRODUÇÃO.....	06
MATERIAIS E MÉTODOS.....	07
Espécie em estudo.....	07
Área de estudo.....	08
Seleção das árvores.....	09
Caracterização microclimática e tamanho da planta.....	09
Padrões fenológicos.....	10
Sucesso reprodutivo.....	11
Produção de sementes e recrutamento de plântulas.....	12
Análises estatísticas.....	12
RESULTADOS.....	14
Caracterização microclimática e tamanho da planta.....	14
Padrões fenológicos.....	14
Sucesso reprodutivo.....	16
Produção de sementes e recrutamento de plântulas.....	17
DISCUSSÃO.....	17
Sazonalidade fenológica e a relação com o clima.....	18
Disponibilidade de recursos e polinização.....	19
Predação de sementes e recrutamento.....	21
AGRADECIMENTOS.....	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
APÊNDICE.....	41

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1. Condições físicas e tamanho dos indivíduos de <i>A. falcata</i> nos três ambientes estudados; onde AI: árvores isoladas, B: borda e I: interior. Testes de Kruskal-Wallis (H) foram conduzidos entre os ambientes para cada variável física.....	28
Tabela 2. Valores estimados para o teste Z de uniformidade de Rayleigh e concentração (r) das fenofases estudadas nos três ambientes; AI: árvores isoladas, B: borda e I: interior; em cerrado <i>stricto sensu</i>	29
Tabela 3. Parâmetros fenológicos dos indivíduos de <i>A. falcata</i> presentes nos três ambientes estudados; AI: árvores isoladas, B: borda e I: interior. Testes de Kruskal-Wallis (H) foram conduzidos para comparar os ambientes.....	30
Tabela 4. Sucesso reprodutivo para os indivíduos de <i>A. falcata</i> nos três ambientes estudados; AI: árvores isoladas, B: borda e I: interior. Testes de Kruskal-Wallis (H) foram conduzidos para comparar os ambientes com os dados da população.....	31
Figura 1. (A) Localização da área de cerrado <i>sensu stricto</i> estudada e o entorno em Itirapina SP, entre as coordenadas 22°13' S e 47°53' W. (B) Foto aérea do fragmento de cerrado <i>sensu stricto</i> estudado. AI representa as árvores isoladas marcadas na pastagem, BS e BL são as transecções na borda sul e leste respectivamente e IS e IL são as transecções do interior marcadas sul e leste respectivamente.....	32
Figura 2. (A) diagrama climático da região de Itirapina, estado de São Paulo, entre o período de 1970 a 2006. (B) Variação mensal das temperaturas média, máxima e mínima e dos valores de precipitação no período de estudo.....	33
Figura 3. Distribuição de frequência de diferentes classes de tamanho (DAP) nos indivíduos dos três ambientes estudados, A: borda; B: interior e C: isolamento. Note a diferença existente entre a pastagem e os outros ambientes.....	34
Figura 4. Histogramas circulares da data de pico de floração de <i>Anadenanthera falcata</i> nos anos de 2005 (A, C e E) e de 2006 (B, D e F) nos ambientes de borda (A, B), interior (C, D) e isolamento (E, F) em cerrado <i>sensu stricto</i> em Itirapina, SP.....	35
Figura 5. (A) Porcentagem de indivíduos de <i>Anadenanthera falcata</i> em floração nos diferentes ambientes. Flechas escuras representam as datas de maior porcentagem de indivíduos em floração nos três ambientes estudados. (B) Porcentagem de intensidade de Fournier para mudança foliar nos indivíduos de <i>A. falcata</i> em um cerrado <i>sensu stricto</i> em Itirapina SP. FM: folha madura, FJ: folha jovem e BR: brotamento.....	36

Figura 6. Histogramas circulares da data de pico para frutos maduros em <i>Anadenanthera falcata</i> em 2005 nos ambientes de A: borda, B: interior e C: isolamento em cerrado <i>sensu stricto</i> em Itirapina, SP.....	37
Figura 7. Histogramas circulares das datas de pico de brotamento foliar para indivíduos de <i>Anadenanthera falcata</i> nos anos de 2005 (A, C e E) e de 2006 (B, D e F) nos ambientes de A, B: borda, C, D: interior e E, F: isolamento em cerrado <i>sensu stricto</i> Itirapina, SP.....	38
Figura 8. Histogramas circulares das datas de pico de queda foliar em <i>Anadenanthera falcata</i> nos anos de 2005 (A, C e E) e de 2006 (B, D e F) nos ambientes de A, B: borda, C, D: interior e E, F: isolamento em cerrado <i>sensu stricto</i> em Itirapina, SP.....	39
Figura 9. Produção de inflorescências nos anos de 2005 e 2006 e de frutos como função do tamanho dos indivíduos de <i>Anadenanthera falcata</i> em cerrado <i>sensu stricto</i> em Itirapina, SP.....	40

Athayde & Morellato

Fenologia e Sucesso Reprodutivo de *Anadenanthera falcata* em isolamento, na borda e interior de cerrado *stricto sensu*

INFLUÊNCIA DA BORDA E DO ISOLAMENTO NA FENOLOGIA E NO SUCESSO REPRODUTIVO DE *ANADENANTHERA FALCATA* (BENTH.) SPEG. (FABACEAE) EM UMA REGIÃO DE CERRADO *STRICTO SENSU*, ITIRAPINA, SÃO PAULO.¹

EDUARDO ANVERSA ATHAYDE^{2,3} & L. PATRICIA C. MORELLATO²

1- Dissertação do primeiro autor, junto ao programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, Brasil.

2- Departamento de Botânica, Grupo de Fenologia e Dispersão de Sementes, Universidade Estadual Paulista, Cx.P.100.13506-900 Rio Claro, São Paulo, Brasil.

3- Autor para correspondência: eanversa@yahoo.com.br.

Artigo seguindo as normas da Revista Brasileira de Botânica.

RESUMO. (Influência da Borda e do Isolamento na Fenologia e no Sucesso Reprodutivo de *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. (Fabaceae) em uma Região de Cerrado *stricto sensu*, Itirapina, São Paulo). O isolamento espacial causado pela fragmentação florestal e o isolamento temporal causado pela assincronia da floração das plantas têm sido propostos como importantes fatores afetando a reprodução de populações vegetais. Nós determinamos os efeitos da fragmentação florestal e isolamento espacial na fenologia reprodutiva e vegetativa e no sucesso reprodutivo de *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. em uma região de cerrado *stricto sensu* em Itirapina, São Paulo. Para isso, nós comparamos populações em três diferentes ambientes: (1) árvores circundadas por pastagem, ou seja, isoladas; (2) árvores presentes na borda; e (3) árvores presentes no interior. Nós acompanhamos diferentes variáveis da população como: duração, frequência, época e sincronia da floração, época da frutificação, do brotamento e da queda foliar, produção de flores e frutos, número de flores que se convertem em frutos, número de sementes por fruto, proporção de sementes predadas por fruto e número de plântulas. A duração e a frequência da floração foram duas vezes maiores em indivíduos isolados. Nós encontramos diferenças na época de floração e frutificação entre os ambientes, assim como na proporção de indivíduos que floresceram e frutificaram, que foi maior no isolamento. A produção de flores e frutos foi maior nas plantas isoladas, no entanto, o sucesso reprodutivo não diferiu entre os ambientes, com o número de flores que se convertem em frutos e o número sementes por fruto semelhante entre eles. A proporção de sementes predadas por fruto foi menor nos indivíduos em isolamento. O número de plântulas diferiu entre os ambientes, com a pastagem não apresentando plântulas de *A. falcata*. Nós argumentamos que a falta de competição, o tamanho dos indivíduos e a disponibilidade de recursos para as plantas em isolamento são os responsáveis pela maior duração e frequência da floração, assim como pela maior produção de flores e frutos. O sistema reprodutivo, a luminosidade e a disponibilidade de polinizadores são os fatores responsáveis pelo sucesso reprodutivo e número de sementes por fruto encontrado nesse estudo. Nós discutimos também a implicação desses achados para a conservação de *A. falcata* no cerrado brasileiro.

Palavras-chave: Cerrado, sucesso reprodutivo, isolamento espacial, efeito de borda, *Anadenanthera falcata*.

ABSTRACT. (Effects of Forest Fragmentation on Phenological Patterns and Reproductive Success of the Tropical Dry Forest Tree *Anadenanthera falcata*). Spatial isolation caused by forest fragmentation and temporal isolation caused by asynchronous flowering of plants have been proposed as important factors that affect the reproduction of plant populations. We determined the effects of forest fragmentation and spatial isolation on phenology patterns and reproductive success of the tropical dry forest *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. in a region of cerrado *stricto sensu* in Itirapina, São Paulo. For this, we compared populations in three habitat conditions: (1) trees in habitat surrounded by pasture, or isolated; (2) trees in anthropogenic edges; and (3) trees in the interior of the cerrado. We followed different variables of the population as: duration, frequency, time and synchrony of flowering, time of fruiting, time of leaf flushing and leaf fall, total flower production, total fruit production, the fruit set, the seed set, the predation of seed and the number of seedlings. The duration and the frequency of flowering were greater in the individuals in pasture. We also found little overlap in time flowering and fruiting among individuals in pasture, anthropogenic edge and interior. The total flower production and total fruit production were greater in the individuals in pasture. No have differed in fruit set nor on seed set among habitats. The proportion of predation seeds differed among the habitats with the isolated individuals presenting smaller damages for insects predators in their seeds. The number of seedlings differed among the habitats with the pasture not presenting seedlings of *A. falcata*. We argued that the competition lack and the resources availability for the plants in isolation are the responsible for the largest duration and frequency of the flowering, as well as for the largest total flower and fruit production. The breeding system, the light availability and the pollination are the responsible factors for the fruit set and seed set found in this study. We also discussed the implication of those findings for the conservation of *A. falcata* in the Brazilian savannah.

Key-words: Brazilian cerrado, reproductive success, spatial isolation, edge effects, *Anadenanthera falcata*.

Introdução

Os ambientes naturais presentes no mundo estão sofrendo um processo de perda de sua área original para pastagens e culturas agrícolas, conhecido como fragmentação florestal (Quesada & Stoner 2004). O resultado direto dessa fragmentação é a redução na área original, o aumento do número de remanescentes e do isolamento entre eles (Saunders *et al.* 1991; Murcia 1995).

O cerrado - tipo de vegetação savânica – ocupava originalmente cerca de 21% do território brasileiro, mas hoje é a principal área de produção de grãos e de criação de gado (Leite *et al.* 2006), sofrendo um processo de extrema fragmentação de seus habitats, pela mudança no uso da terra pelas populações humanas (Klink *et al.* 1995). Estes distúrbios antropogênicos no cerrado têm causado uma redução em sua biodiversidade (Melo *et al.* 2003; Murcia 1995), mas a sua destruição está sendo mais rápida do que a capacidade da comunidade científica produzir o conhecimento necessário para a sua conservação (Leite *et al.* 2006).

Quando áreas contínuas de vegetação nativa são transformadas em pequenos fragmentos isolados, ocorre à formação de bordas (Fahrig 2003). Nas bordas os organismos experimentam condições novas, pois a luminosidade, a temperatura e a umidade relativa mudam (Kappos 1989), que afetam as interações entre as espécies (Murcia 1995), como a relação das plantas com seus polinizadores, com conseqüências no sucesso reprodutivo e no sistema reprodutivo das plantas presentes na borda ou em isolamento (Aizen & Feisinger 1994; Cascante *et al.* 2002; Fuchs *et al.* 2003; Quesada *et al.* 2004). Estas mudanças afetam principalmente sistemas planta-polinizador especializados, mas acredita-se que a especificidade dos polinizadores não seja importante em ambientes tropicais, pois as interações planta-polinizador são mais generalistas nestes ambientes (Herrera 1988).

Desta forma, alterações no microclima de plantas em bordas e isolamento podem afetar diretamente a sua reprodução e recrutamento (Aldrich & Hamrick 1998; Tomimatsu & Ohara 2004). Estudos mostram que a fragmentação pode afetar negativamente a reprodução de plantas por diminuir a atividade de polinizadores (Aizen & Feizinger 1994), a deposição de pólen (Aizen & Feizinger 1994; Cascante *et al.* 2002), a produção de frutos e sementes (Aizen & Feizinger 1994; Cunningham 2000ab), e o sucesso reprodutivo e fluxo gênico (Rocha & Aguilar 2001; Fuchs *et al.* 2003). Essas mudanças no sucesso reprodutivo podem estar relacionadas à variação na

disponibilidade de recursos limitados, como água ou luz, para o desenvolvimento de frutos e sementes (Niesenbaum 1993; Cunningham 1997; Fuchs *et al.* 2003), assim como características do sistema reprodutivo das espécies presentes em ambientes fragmentados como borda ou isolamento (Seffan-Dewenter & Tschardt 1999).

A fragmentação florestal causa alterações em várias condições ambientais que podem estar regulando os padrões fenológicos e reprodutivos das plantas (Kappos 1989; Saunders *et al.* 1991) alterando o seu sucesso reprodutivo por afetar a época e a frequência da floração ao longo do tempo (Herrerías-Diego *et al.* 2006). Igualmente, é bem conhecido que os padrões de floração e frutificação podem diferir entre indivíduos de uma mesma população ocorrendo em ambientes heterogêneos (Primack 1980; Bishop & Schemske 1998), mas existem poucos estudos comparando as respostas fenológicas de plantas perenes em áreas fragmentadas (Marco *et al.* 2000; Fuchs *et al.* 2003; Quesada *et al.* 2003; Herrerías-Diego *et al.* 2006; Leite *et al.* 2006).

O presente estudo avaliou a influência da borda e do isolamento em *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg., uma espécie comum no cerrado *stricto sensu* brasileiro, objetivando responder as seguintes perguntas: 1) Existem diferenças nas condições físicas (luz, temperatura e umidade relativa), no tamanho dos indivíduos e na fenologia reprodutiva e vegetativa entre árvores isoladas, na borda e no interior em cerrado *stricto sensu*?; 2) Como varia o número de flores e frutos produzidos e o sucesso reprodutivo (razão fruto/flor) em árvores de *A. falcata* em condição de isolamento, borda e interior em cerrado *stricto sensu* e qual a relação entre a luminosidade, o tamanho das plantas e a produção de flores e frutos em árvores de *A. falcata* nestas condições? e 3) Como varia o número de sementes viáveis e sementes predadas por fruto em fase de pré-dispersão e o número de plântulas de *A. falcata* entre árvores isoladas, na borda e no interior em cerrado *stricto sensu*?

Materiais e Métodos

Espécie em Estudo

Anadenanthera falcata (Benth.) Speg. (Fabaceae), o angico do cerrado, é uma árvore de grande porte com altura que pode chegar a 15 metros, casca marrom escura muito espessa, fendilhada com cristas irregulares; possui folhas compostas, bipinadas, alternas, o pecíolo apresenta glândulas extraflorais oblongas (Durigan *et al.* 2004). As

flores possuem a cor branca, arrançadas em panículas de glomérulos globosos do tipo de *Mimosa*, com aproximadamente 70 flores por inflorescência; a parte da flor mais eminente são os estames com filamentos brancos e as anteras amarelas dotada de glândulas, com odor doce e forte. Os polinizadores mais importantes são abelhas e, menos freqüentemente, moscas, vespas e besouros (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 2006). O fruto é um legume deiscente, marrom escuro, lustroso plano (Durigan *et al.* 2004). A espécie em foco é uma importante leguminosa que ocorre em muitas regiões savânicas brasileiras, constituindo nestas vegetações um importante elemento florístico e estrutural, com altos valores de importância na comunidade (Fidelis & Godoy 2003). *Anadenanthera falcata* têm importância comercial pela sua madeira e a extração de sua casca para a produção de tanino (Gross *et al.* 2002). Reys *et al.* (2006) em trabalho realizado na área em estudo encontraram que *A. falcata* é a espécie vegetal com maior valor de importância e abundância.

Área de estudo

O estudo foi realizado em um fragmento de cerrado *stricto sensu* (Coutinho 1978) que possui aproximadamente 240 ha de extensão, localizado na Fazenda São José da Conquista, na Rodovia Ayrton Senna, km 8 no município de Itirapina, estado de São Paulo (22°10' S e 47°52' W; Fig. 1A). A matriz voltada para a face sul do fragmento é formada por pastagens de gramíneas utilizadas para a alimentação de gado, com poucas árvores esparsamente distribuídas; a matriz voltada para a face leste é formada por outra área de cerrado separadas por um aceiro de cerca de 5m de largura (Fig. 1B). O clima da região segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo Cwa, com uma estação chuvosa de outubro a março e uma estação seca de abril a setembro, sendo a precipitação média anual de 1524 mm e a temperatura média de 22°C (Fig. 2A). Para o período de estudo foram avaliadas as temperaturas médias, máximas e mínimas mensal e a precipitação total mensal (Estação Meteorológica do CREA – Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de São Paulo, Itirapina, SP). O mês com maior precipitação foi fevereiro com 263 mm de chuva, e os meses de menor precipitação foram junho, julho e agosto. Os meses com menores valores de temperatura foram os secos, enquanto os meses com maiores temperaturas foram os úmidos (Fig. 2B). A vegetação predominante na área de estudo é do tipo cerrado *stricto sensu* (Coutinho 1978), caracterizado por vegetação mais aberta com árvores de porte baixo a médio não

ultrapassando os 12 metros de altura sem dossel definido. As famílias mais importantes são Fabaceae, Myrtaceae, Vochysiaceae, Melastomataceae e Lauraceae e as espécies mais importantes são *Anadenanthera falcata* (Benth) Speg., *Xylopia aromática* (Lam.) Mart., *Vochysia tucanorum* Mart., *Miconia rubiginosa* (Bonpl.) DC. e *Bauhinia rufa* (Bong.) Steud. (Reys *et al.* 2006).

Seleção de Árvores

Para examinar os efeitos da borda e do isolamento na fenologia e no sucesso reprodutivo de plantas de *A. falcata* foram comparadas árvores isoladas (AI), na borda (B) e no interior (I) de cerrado *stricto sensu* estudado. Árvores foram consideradas isoladas (AI) quando estavam rodeadas por pastagens ou campos agrícolas. Árvores em situação de isolamento foram selecionadas sistematicamente na matriz de pastagem que circunda a face sul da área de estudo (Fig. 1B). Foram selecionadas duas áreas de borda no fragmento, uma voltada para o sul e a outra para leste, onde foi demarcada uma transecção de 500m comprimento x 2m largura em cada uma das áreas, em contato direto com vegetação circundante (Fig. 1B). Para o interior foram selecionadas duas áreas, uma voltada para o sul e outra para o leste, onde foi demarcada uma transecção de 500m x 2m em cada uma das áreas, distante em 100m da borda do fragmento (Fig. 1B). Todos os indivíduos de *A. falcata* presentes nestas transecções foram incluídos na amostragem. Foram amostrados 75 indivíduos na borda, 91 indivíduos no interior e 26 na pastagem (Table 1).

Caracterização microclimática e tamanho da planta

Para caracterizar o microclima nos ambientes estudados foram registradas 12 medidas de luz, temperatura e umidade absoluta do ar em cada indivíduo de *A. falcata* marcado utilizando HOBO H8 (Onset Computer Corporation, EU). Todas as medidas foram tomadas a uma distância de 4 metros do solo e feitas em janeiro de 2006, depois que as folhas do dossel já estavam restabelecidas. Para determinar como a condição do ambiente afeta a frequência de tamanho dos indivíduos em isolamento, na borda e no interior, foram medidos o diâmetro à altura do peito (dap) e a altura de cada indivíduo amostrado (Cunningham 1997), e estabelecidas classes de tamanho de dap com amplitude de 5 cm.

Padrões Fenológicos

Observações fenológicas foram realizadas quinzenalmente de abril/2005 a janeiro/2007 em todos os indivíduos marcados. Foram observadas as fenofases floração, frutificação, queda foliar e brotamento como em Morellato *et al.* (2000). A floração foi dividida em período de produção de botões e período de antese ou floração propriamente dita; a frutificação foi dividida em período de frutos verdes ou imaturos e período com frutos maduros, quando ocorre a deiscência da cápsula com liberação da semente para dispersão. Um dos indicativos do início do período com frutos maduros foi a mudança na cor externa dos legumes. Folhas novas foram caracterizadas como folhas recém formadas com lâmina expandida, porém sem apresentar características de folhas maduras; folhas maduras com características morfológicas e estruturais completas; folha senescente ou em processo de senescência com mudanças morfológicas notáveis principalmente alteração na cor (Lenza 2005). Para quantificar o número total de inflorescências em botão e antese, foi realizada contagem quinzenal de inflorescências em todas as árvores amostradas. A produção total de inflorescências foi estimada como a área abaixo da distribuição obtida pelo número de inflorescências *versus* o tempo (Fuchs *et al.* 2003). Foi estimada a produção total de frutos para cada indivíduo pela contagem do número total de frutos produzidos durante o período de frutificação. Como os frutos secos permanecem na árvore-mãe vários dias depois de abertos, o número acumulado de frutos contados para cada indivíduo foi usado como uma estimativa da produção total de frutos para a árvore (Fuchs *et al.* 2003). Para verificar se havia diferença na proporção de ocorrência da floração e da frutificação em cada ambiente foi avaliada a porcentagem de indivíduos da população florescendo ou frutificando em cada data amostrada e em cada ambiente (Herrerías-Diego *et al.* 2006). Para comparar a fenologia entre árvores presentes nos três ambientes estudados foram calculados os seguintes parâmetros fenológicos: duração da floração, frequência da floração, data de pico da floração e frutificação, sincronia da floração e data de início da floração para todos os indivíduos amostrados em 2005 e 2006. A duração da floração foi calculada como o número de dias em que o indivíduo permaneceu em floração, e a duração média da floração estimada para a população dentro de cada ambiente amostrado (Martim-Gajardo & Morellato 2003). A frequência da floração foi calculada como o número de vezes que o indivíduo apresentou flores em sua copa no ano, e a

partir desses dados foi estimada a frequência média para população nos três ambientes estudados (Fuchs *et al.* 2003). A data de pico da floração foi determinada para cada indivíduo em dias Julianos, pela data com maior número de flores em suas copas, e estimada a data média de pico da floração para a população dentro de cada ambiente amostrado (Fuchs *et al.* 2003; Herrerías-Diego *et al.* 2006). Árvores com as datas de pico da floração diferentes em até um desvio padrão da data média da população foram classificadas como indivíduos com floração sincrônica e indivíduos com data de pico maior que um desvio padrão foram classificados como assincrônicos (Fuchs *et al.* 2003). A data de início foi a data do começo da floração para cada indivíduo amostrado e esses dados utilizados para estimar a data média de início para a espécie nos três ambientes estudados (Herrerías-Diego *et al.* 2006). A data de pico para frutificação foi calculada pela contagem quinzenal de frutos por árvore e a data que havia um número máximo de frutos na copa foi considerada a data de pico, em dias Julianos, sendo a data média de pico para a frutificação calculada para os três ambientes (Herrerías-Diego *et al.* 2006). A metodologia utilizada para a quantificação dos dados fenológicos vegetativos foi à proposta por Fournier (1974), onde 0=ausência da característica; 1=presença da característica com uma variação de 1 a 25%; 2=presença da característica com uma variação de 26 a 50%; 3=presença da característica com uma variação de 51 a 75%; 4=presença da característica com uma variação de 76 a 100%. A intensidade das fenofases vegetativas foi avaliada através das classes de Fournier estimadas como:

$$IF = \frac{\sum W_i.n_i}{N} \times 100$$

onde IF=intensidade da fenofase; i=classes de intervalo; Wi=proporção da copa na fenofase; ni=proporção de indivíduos na classe i; N=número de plantas amostradas (Bulhão & Figueiredo 2002). As datas de pico para a queda foliar e o brotamento também foram calculadas como a data de maior intensidade, estimadas pelas classes de Fournier (Martim-Gajardo & Morellato 2003).

Sucesso reprodutivo

Para avaliar a influência da borda e do isolamento no sucesso reprodutivo de *A. falcata* foi determinada, a partir da produção total de flores e de frutos, a razão de flores que se desenvolvem até frutos ou sucesso reprodutivo para cada árvore, estimada como

a proporção do número total de frutos sob o número total de flores produzidas para cada indivíduo (Fuchs *et al.* 2003).

Produção de sementes e recrutamento de plântulas

Para determinar como a condição do ambiente afeta a produção de sementes, foi coletada uma amostra de cinco a vinte frutos para cada árvore nos ambientes de borda, interior e em isolamento no ano de 2005 e contado o número de sementes por fruto. As sementes foram classificadas como potencialmente viáveis ou como sementes predadas em fase de pré-dispersão (Herrerías-Diego *et al.* 2006). As sementes foram consideradas predadas quando apresentavam remoção do embrião ou a semente apresentava remoção do endosperma ou da casca e quando apresentava algum outro dano. Para determinar como a condição do ambiente afeta o número de plântulas, foi contado o número de plântulas de *A. falcata* presentes na borda, interior e na área de pastagem adjacente ao cerrado estudado no verão de 2005. Para isso, foram utilizadas parcelas de 50m de comprimento x 2m de largura que foram instaladas na borda, interior e na pastagem, sendo as parcelas de borda e interior paralelas entre si, distantes em 100 m. Foram demarcadas 10 parcelas na borda sul e 10 na borda leste assim como 8 no interior sul e 8 no interior leste, distantes em 50 m entre si dentro do mesmo ambiente. Na área de pastagem foram marcadas 10 parcelas com 50 m de distância entre si (Tomimatsu & Ohara 2003).

Análises Estatísticas

Os dados obtidos nos três ambientes estudados foram utilizados para verificar se existem diferenças entre as condições de isolamento, borda e interior. Para verificar se há diferenças nas condições físicas, no dap, na altura, nas variáveis fenológicas, na produção total de flores, frutos, sucesso reprodutivo, produção total de sementes, sementes predadas em fase de pré-dispersão e número de plântulas em cada ambiente estudado foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis (H) com os ambientes como variável independente e as variáveis acima citadas como dependentes do ambiente, com posterior análise de comparações múltiplas (Sokal & Rohlf 1995). Foram comparadas as distribuições de frequências de tamanhos entre os indivíduos presentes nos três ambientes com o teste de Kolmogorov-Smirnov. Para verificar se as condições de

luminosidade e o tamanho dos indivíduos influenciam na produção de flores e frutos foi aplicado um modelo de regressão simples com a produção de flores e frutos dependentes das condições de luminosidade e de tamanho (Sokal & Rohlf 1995). Análises circulares foram realizadas com as datas de pico dos indivíduos presentes na borda, interior e em isolamento para a floração, frutificação, brotamento e queda foliar para testar se há sazonalidade nas fenofases como em Morellato *et al.* (2000), ocorrendo em uma época do ano, e o grau de concentração dos dados (r) em torno da data média (época). O valor de r varia de 0 a 1 e pode ser considerado como um grau de sazonalidade (Morellato *et al.* 2000). Quando o padrão foi significativamente sazonal testamos se os padrões diferiram entre os ambientes de borda, interior e isolamento (Zar 1974). Para relacionar os fatores abióticos precipitação e temperatura no período de estudo com as fenofases nos três ambientes foi utilizada a correlação de Spearman (r_s) que é recomendada para dados que não apresentam distribuição normal (Zar 1974). Todos os cálculos estatísticos foram realizados nos programas de computador Statistica 6.0 (StatSoft, Ltd) e Oriana 2.0 (KCS, Ltd) com a significância estatística fixada em $p < 0,05$.

Resultados

Caracterização microclimática e tamanho das plantas

As condições físicas diferiram significativamente entre os ambientes de isolamento, de borda e de interior. A luz foi dependente da condição do ambiente, com a borda e o isolamento diferindo entre si, mas não com o interior (Tab. 1). A intensidade luminosa foi alta em todos os ambientes estudados, mas a pastagem (ambiente isolado) apresentou a menor variação dos dados em relação à média do que o interior e a borda (Tab. 1). A temperatura do ar diferiu entre os ambientes amostrados, com as plantas em isolamento experimentando os maiores valores de temperatura média, acima de 40 °C (Tab. 1). A umidade absoluta do ar não diferiu entre os ambientes estudados (Tab. 1).

A distribuição de frequência do tamanho dos indivíduos diferiu entre os ambientes estudados, com os indivíduos em isolamento significativamente maiores (Kolmogorov-Smirnov: $P < 0,025$, Fig. 3), e não foram amostrados indivíduos nas menores classes de diâmetro. Os indivíduos isolados são maiores do que os indivíduos presentes na borda e no interior, quanto ao dap e a altura (Tab. 1), com o menor indivíduo em isolamento medindo 29,6 cm de diâmetro contra 3 cm do menor indivíduo no interior e na borda.

Padrões fenológicos

A floração apresentou padrão significativamente sazonal com alta concentração das datas de pico dos indivíduos em torno da data média, no começo de outubro em 2005 e no começo de setembro em 2006 (Tab. 2; Fig. 4). A data média de pico da floração não diferiu significativamente entre os ambientes estudados (Tab. 3), mas a data média de início da floração foi significativamente diferente entre os ambientes em 2005 ($H_{(2,104)}=8,4$; $N=104$; $p=0,01$) e em 2006 ($H_{(2,99)}=8,6$; $N=99$; $p=0,01$), com as plantas isoladas florescendo cerca de duas semanas mais cedo do que plantas na borda e interior em 2005 (Tab. 3). Em 2006 as plantas presentes no interior floresceram com cerca de 15 dias de atraso em relação às plantas em isolamento e na borda (Tab. 3). As árvores isoladas floresceram com frequência e duração significativamente maiores do que as plantas na borda e interior (Tab. 3). A duração e a frequência das florações foram duas a três vezes maiores nas plantas isoladas do que nas plantas da borda e do interior.

O índice de sincronia foi similar entre os ambientes de borda e interior, mas diferiu da sincronia entre plantas isoladas nos anos de 2005 ($H_{(2,103)}=47,98$; $P < 0,001$) e 2006 ($H_{(2,98)}=55,80$; $P < 0,001$). Plantas isoladas foram mais sincrônicas do que as plantas na borda e no interior, com o índice de sincronia chegando ao valor médio de 0,72 para o ano de 2006 nas plantas isoladas (Tab. 3).

A proporção de indivíduos em floração foi maior na condição de isolamento e as datas de maior porcentagem de indivíduos florescendo não foram coincidentes entre os ambientes estudados (Fig. 5A). Na floração de 2005 e na primeira floração de 2006 a data com maior porcentagem de indivíduos foi adiantada cerca de 15 dias nas plantas isoladas; na segunda floração de 2006 a maior porcentagem de indivíduos do interior em floração ocorreu atrasada em cerca de duas semanas em relação às plantas em isolamento e de borda (Fig. 5A).

A frutificação apresentou padrão significativamente sazonal, com alta concentração das datas de pico dos indivíduos em torno da data média, no começo de agosto para as plantas na borda e interior, e em meados de julho para as plantas isoladas (Tab. 2, Fig. 6). Houve diferenças significativas nas datas médias de pico da frutificação entre os ambientes estudados, com as plantas isoladas apresentando datas de pico de frutificação adiantada em cerca de duas semanas em relação às plantas presentes na borda e no interior (Tab. 3).

O brotamento foliar apresentou padrão significativamente sazonal com alta concentração das datas de pico dos indivíduos em torno da data média, no começo de setembro (Tab. 2, Fig. 7). A data média de pico para o brotamento foliar não diferiu estatisticamente entre os ambientes (Tab. 3). A queda foliar apresentou padrão significativamente sazonal com alta concentração das datas de pico dos indivíduos em torno da data média, no começo de setembro em 2005 e começo de agosto em 2006 (Tab. 2, Fig. 8). A data média de pico de queda foliar não diferiu estatisticamente entre os ambientes estudados, mas diferiu entre os anos estudados (Tab. 3).

Houve um decréscimo na porcentagem de intensidade de folhas maduras nos meses de agosto a outubro chegando à zero em setembro, e um aumento no brotamento de agosto a setembro tendo um pico em setembro com 40% de intensidade, juntamente com um aumento na quantidade de folhas jovens em setembro chegando a 98% em outubro (Fig. 5B). Ocorreu uma sobreposição das fenofases vegetativas, sendo que quando as folhas maduras estavam caindo, já existia um pequeno brotamento e folhas jovens, não sendo uma planta totalmente decídua (Fig. 4B).

A floração apresentou correlação positiva significativa com a temperatura média no período de estudo (botão: $r_s=0,40$; $n=30$; $p=0,02$ e antese: $r_s=0,60$; $n=30$; $p=5 \times 10^{-3}$) e não apresentou correlação significativa com a precipitação. Para a frutificação houve correlação negativa com um atraso de três meses com a precipitação ($r_s=-0,64$; $n=23$; $p=9,9 \times 10^{-4}$). A precipitação do período de estudo se correlacionou com a fenofase folha madura ($r_s=0,50$; $n=27$; $p=7,5 \times 10^{-3}$); a queda foliar se correlacionou com a precipitação de dois meses anteriores ($r_s=0,48$; $n=23$; $p=0,02$) e o brotamento foliar com a precipitação do mês anterior ($r_s=-0,47$; $n=27$; $p=0,01$).

Sucesso reprodutivo

A produção de botões florais e de flores foi dependente do ambiente que a planta se encontrava tanto para o ano de 2005 como para 2006. A produção de botões florais e de flores em 2005 e 2006 diferiu significativamente entre os ambientes estudados, com as plantas em isolamento produzindo três vezes mais flores, tanto em botão como em antese, do que as plantas na borda e interior no ano de 2005 e cerca de seis vezes mais flores em botão e antese, no ano de 2006 (Tab. 4). Ocorreram também diferenças entre anos, com maior produção de botões florais e flores em 2006 do que em 2005.

O número total de frutos produzidos diferiu significativamente entre os ambientes de borda, interior e isolamento em 2005 e 2007, sendo que plantas em isolamento produziram o dobro de frutos do que plantas na borda e interior (Tab. 4). No ano de 2005 as plantas isoladas produziram em média 226 frutos, contra 47 e 104 em plantas na borda e interior, respectivamente (Tab. 4). No ano de 2007 as plantas produziram em média 140, 30 e 42 frutos em isolamento, na borda e interior, respectivamente (Table 4). O sucesso reprodutivo (número de flores que se desenvolveram em frutos) não diferiu significativamente entre os ambientes estudados, sendo que as plantas no interior apresentaram sucesso reprodutivo médio maior que as plantas nos outros ambientes (Table 4). O sucesso reprodutivo foi muito baixo para todas as plantas de *A. falcata* em todos os ambientes estudados, não ultrapassando 1% de flores que se converteram em frutos maduros.

O tamanho dos indivíduos apresentou relação positiva com a produção de inflorescências (regressão simples: correlação parcial = 0,42, $F_{(1)} = 39,5$, $P < 0,001$) e com a produção de frutos (regressão simples: correlação parcial = 0,46, $F_{(1)} = 49,1$, $P < 0,001$) nos anos de 2005 e 2006, com árvores maiores produziram mais inflorescências

e frutos do que árvores menores, mas não apresentou relação com o sucesso reprodutivo. A luz não apresentou relação significativa com a produção de inflorescências e com a produção de frutos nos dois anos de estudo, mas apresentou fraca relação com o sucesso reprodutivo (regressão simples: correlação parcial = 0,30, $F_{(1)} = 6,1$, $P=0,02$).

As diferenças observadas na produção de inflorescências e frutos foram significativas apenas para o ano de 2006 (ANCOVA: $F = 11,31$; d.f. = 2; $P < 0,001$), e é atribuída a maior produção de inflorescências nas plantas em isolamento. O tamanho dos indivíduos foi o maior responsável pelo aumento na produção de inflorescências e frutos nos anos de 2005 e 2006 (ANCOVA: $F = 23,49$; d.f. = 1; $P < 0,001$), ou seja, indivíduos maiores produziram maior quantidade de flores e frutos (Fig. 9).

Produção de sementes e recrutamento de plântulas

O número de sementes por fruto não diferiu significativamente entre os ambientes, com oito sementes em média por fruto (Table 4). O número de sementes predadas diferiu significativamente entre os ambientes estudados ($H_{(2,32)}=14,86$; $N=32$; $P < 0,001$). Plantas isoladas apresentaram menor proporção de danos em suas sementes na fase de pré-dispersão, com o número médio de sementes predadas de quatro, quatro e uma, para a borda, interior e plantas isoladas, respectivamente. O número de plântulas de *A. falcata* diferiu significativamente entre os ambientes estudados ($H_{(2,45)}=16,96$; $N=45$; $P < 0,001$), sendo que não foram encontradas plântulas de *A. falcata* na área de pastagem, mostrando um grande problema de regeneração neste ambiente. Nos ambientes de borda e de interior foram registradas em média quatro e cinco plântulas de *A. falcata* por parcela, respectivamente.

Discussão

Nossos resultados indicam que a condição de isolamento influencia a fenologia e a produção de flores e frutos em *A. falcata* por afetar a disponibilidade de recursos para as plantas presentes nesta condição, mas o sucesso reprodutivo e a produção de sementes não foram afetados pela condição de borda e de isolamento, indicando não haver problemas com quantidade de polinizadores e doadores de pólen em plantas isoladas presentes nesse ambiente perturbado.

Sazonalidade fenológica e a relação com o clima

Todas as fenofases estudadas apresentaram marcada sazonalidade em *A. falcata*, acontecendo geralmente no final da estação seca e início da estação chuvosa. A floração apresentou alta sazonalidade nos três ambientes estudados, ocorrendo no final da estação seca e início da estação chuvosa. A época de ocorrência da floração foi similar entre árvores isoladas, na borda e no interior, mas a data de maior porcentagem de indivíduos em floração (ou intensidade) e a data média de início da floração diferiram entre os ambientes estudados, e isso pode estar ligado a fatores ambientais como, por exemplo, o nível de seca que pode ser um gatilho para a floração em algumas espécies de plantas (Wright *et al.* 1999), a radiação solar, a velocidade do vento e a disponibilidade de água no solo (Saunders *et al.* 1991; Herrerias-Diego *et al.* 2006). Em nosso estudo, plantas isoladas podem estar experimentando condições de solos mais secos que associados aos maiores valores de temperatura e de luminosidade, podem ser gatilhos para a floração adiantada nos indivíduos isolados.

A duração e a frequência da floração foram maiores nas plantas em isolamento do que nas plantas presentes na borda e no interior. O maior comprimento da floração e maior número de floradas ao ano podem estar relacionados à disponibilidade de recursos, onde plantas com maior disponibilidade de recursos limitantes, como água ou luz, podem florescer com maior frequência e duração, assim como aumentar o número de flores produzidas em cada episódio reprodutivo (Lee & Bazzaz 1982; Niessaunbaum 1993; Cunningham 1997).

Nossos resultados indicam haver isolamento temporal em relação à reprodução, pois alguns indivíduos floresceram em um ambiente fora de sincronia com indivíduos que floresceram em outros ambientes. Em 2005 10% dos indivíduos em isolamento entraram em floração quando não havia indivíduos em floração nos outros ambientes e em 2006 foram 30% dos indivíduos. Herrerias-Diego *et al.* (2006) estudando *Ceiba aesculifolia* no México encontraram deslocamento do pico de floração em plantas isoladas em cerca de 15 a 20 dias em relação às plantas presentes no interior da floresta apresentando isolamento temporal, o mesmo foi observado por Cascante *et al.* (2002) e Fuchs *et al.* (2003). O isolamento temporal causado pela assincronia da floração entre os indivíduos tem importante efeito na reprodução e estrutura genética da população (Fuchs *et al.* 2003), pois determina o número efetivo de doadores de pólen e a densidade

de indivíduos florescendo, e ambos afetam o padrão de fluxo de pólen entre as árvores (Stephenson 1982). As plantas isoladas florescem mais sincronicamente que as plantas na borda e no interior, ocorrendo maior número de doadores de pólen entre as plantas presentes nesta condição.

A frutificação apresentou alta sazonalidade na liberação das sementes, que ocorreu na estação seca. A dispersão de sementes na estação seca é característica de espécies com dispersão anemocórica e autocórica. Segundo Morellato *et al.* (2000) a frutificação de espécies anemocóricas concentrada na época seca, traz vantagens a estas espécies, pois nesta época do ano os ventos são fortes, ocorre baixa precipitação e grande número de árvores sem folhas o que favorece a dispersão pelo vento. A data de pico da frutificação diferiu entre os ambientes estudados sendo que as plantas em isolamento apresentaram o pico de frutificação adiantado em relação aos outros ambientes. A data de pico de frutificação não apresentou relação com a luminosidade, temperatura, precipitação e tamanho da planta, mas poderia estar relacionada com a umidade do solo, que seria diferente em áreas abertas (Saunders *et al.* 1991).

A fenologia vegetativa não diferiu entre os ambientes de borda, interior e isolamento, apresentando alta sazonalidade, com a troca foliar ocorrendo no final da estação seca. A retomada do crescimento ainda na seca indica que a precipitação não é um fator indutor para a retomada do crescimento vegetativo (Bulhão & Figueiredo 2002), mas a redução da transpiração, ocasionada pela abscisão foliar, e a utilização da água residual podem permitir a reidratação e retomada do crescimento ainda na estação seca (Borchert 1994; Reich 1995). De acordo com Lenza (2005) esta espécie pode ser classificada como uma espécie sempre verde com crescimento sazonal com queda e produção de folhas concentradas em uma determinada época do ano. Ocorreu à produção de uma nova coorte de folhas quando quase todas as folhas velhas já haviam sido perdidas.

Disponibilidade de recursos e polinização

Nossos resultados indicam que árvores isoladas de *A. falcata* produzem mais flores que árvores na borda e no interior. Árvores isoladas são maiores e tendem a desenvolver mais galhos reprodutivos na copa do que árvores na borda e no interior, pois elas são encontradas em áreas abertas onde não há competição com árvores vizinhas (Fuchs *et al.* 2003). A produção de frutos também foi maior em árvores

isoladas do que em árvores na borda e no interior. No entanto, o sucesso reprodutivo de *A. falcata* não diferiu entre árvores presentes nos três ambientes estudados, como encontrado por Herrerias-Diego *et al.* (2006). Uma explicação possível para o resultado encontrado no sucesso reprodutivo, pode ser que árvores isoladas não estejam experimentando diminuição na polinização com pólen compatível, discordando de outros estudos como Aizen & Feisinger (1994), Ghazoul *et al.* (1998), Cunningham (2000a), Cascante *et al.* (2002), Quesada *et al.* (2004).

A espécie em estudo *Anadenanthera falcata* possui polinização generalista realizada principalmente por abelhas (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 2006). Em espécies que possuem polinização generalista realizada por uma ampla gama de insetos, a substituição de uma espécie de polinizador por outra, como ocorre comumente em ambientes isolados (Aizen & Feisinger 1994; Ghazoul *et al.* 1998; Dick 2001) não altera o sucesso reprodutivo de plantas presentes nestes ambientes. Abelhas africanas geralmente substituem abelhas nativas em ambientes isolados, percorrendo longas distâncias em um único dia e mantendo altos níveis de sucesso reprodutivo em plantas presentes em ambientes isolados promovendo a polinização cruzada entre estas plantas (Dick *et al.* 2003).

Neste estudo houve uma maior produção de frutos em plantas isoladas do que em plantas presentes na borda e no interior com uma produção de sementes por fruto semelhante entre os ambientes, indicando quantidade similar de visitas de polinizadores às flores de plantas isoladas, na borda e interior. Segundo Feisinger *et al.* (1987) a fragmentação florestal com posterior isolamento espacial de plantas não afeta a área de forrageamento dos insetos polinizadores em ambientes isolados, então a atividade de polinizadores não seria o grande causador do menor sucesso reprodutivo em plantas de *A. falcata* isoladas, como apontado em alguns estudos (Ghazoul *et al.* 1998; Fuchs *et al.* 2003; Quesada *et al.* 2003; Quesada *et al.* 2004), mas sim o sistema reprodutivo e o fluxo de pólen apresentado pelas plantas presentes nestes locais (Seffan-Dwenter & Tschardt 1999).

Estudos do sistema reprodutivo de *A. falcata* indicam auto compatibilidade e altos níveis de auto fecundação ou geitonogamia nesta espécie (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 2006). Em estudos sobre a fragmentação florestal com posterior isolamento espacial indicam que em áreas isoladas os polinizadores forrageiam mais frequentemente em flores de uma mesma planta, causando alto grau de geitonogamia com menores taxas de polinização cruzada nestas plantas (Fuchs *et al.*

2003; Quesada et al. 2003; Quesada et al. 2004), e assim sucesso reprodutivo semelhante entre plantas auto compatíveis em condição de isolamento, de borda e interior, como encontrado em nosso estudo. Mas em plantas com sistema reprodutivo auto incompatível o sucesso reprodutivo poderia ser diminuído em plantas isoladas pelo alto nível de auto fecundação e mudança nas espécies e na abundância de polinizadores como ocorreu em outros estudos como Aizen & Feisinger (1994), Gazhoul *et al.* (1998), Fuchs *et al.* (2003), Quesada *et al.* (2003), Quesada *et al.* (2004).

O sucesso reprodutivo apresentou relação com a luz recebida pelos indivíduos, mas a produção de flores e frutos não apresentou relação com a luz. Esse resultado indica que o sucesso reprodutivo é dependente da condição de luminosidade pela quantidade de energia luminosa que é convertida em carboidratos e armazenada pela planta, sendo utilizada para a maturação dos frutos em flores que já foram polinizadas (Cunningham 1997). Kato & Hiura (1999) postularam que a taxa de visita de polinizadores ou deposição de pólen afetam o sucesso de fertilização de flores individuais e boas condições de luz são necessárias para a maturação dos frutos em flores onde os óvulos foram polinizados.

A produção de sementes não foi reduzida em árvores isoladas, indicando haver suficiente número de grãos de pólen depositados nos estigmas das flores para a fecundação dos óvulos e formação das sementes. Segundo Lee & Bazzaz (1982) o número de sementes é regulada pelo sucesso de polinização “within-fruit”, enquanto a reprodução total é limitada por recursos. Como há duas vezes mais flores e frutos em árvores isoladas do que em árvores na borda e no interior, podemos concluir que a disponibilidade de recursos e a falta de competição podem ser os responsáveis pelos resultados encontrados na produção de flores e frutos em nosso estudo, e o sistema reprodutivo, a luminosidade e a presença de polinizadores os responsáveis pelos resultados encontrados no sucesso reprodutivo. O tamanho dos indivíduos se relacionou com a produção de flores e frutos, mas não com o sucesso reprodutivo que depende de outros fatores como polinização das flores e níveis ideais de luminosidade.

Predação de sementes e regeneração

A predação de sementes pré-dispersão foi maior na borda e interior do que nas plantas isoladas, sendo dependente da densidade de *A. falcata* em cada ambiente. A mesma espécie de invertebrado foi identificado em mais de 90% das sementes predadas,

indicando uma relação estreita entre planta e predador. Segundo Traveset (1991) o fator que influencia a predação de sementes pré-dispersão é a densidade em que as plantas ocorrem no ambiente. Nesse estudo as árvores na pastagem apresentaram um número maior de frutos, mas uma predação menor, sendo a densidade das plantas um fator determinante para o número de sementes predadas por fruto em fase de pré-dispersão.

A ampla distribuição de *A. falcata* pode estar relacionada à sua capacidade de manter os níveis reprodutivos em ambientes contrastantes, como mostrado neste estudo. O isolamento de indivíduos de *A. falcata* em ambientes antrópicos parece não afetar o seu sucesso reprodutivo em cerrado, mas a expansão da pecuária e a criação de novos fragmentos podem ter consequências negativas para o estabelecimento de sementes em áreas de pastagem, como mostrado nesse estudo.

Um aspecto que deve ser tratado em estudo futuro é a estrutura genética da população, pois pode existir depressão genética em indivíduos de *A. falcata* em ambientes isolados (Cascante *et al.* 2002; Fuchs *et al.* 2003). Os indivíduos de *A. falcata* amostrados não estão sofrendo problemas na taxa de visitas de polinizadores ou deposição do pólen em consequência não há diferenças no sucesso reprodutivo nas diferentes condições ambientais, mas devemos estar atentos a possível perda da variabilidade genética em indivíduos isolados na pastagem e à falta de regeneração neste mesmo ambiente, que pode levar a extinção local destes indivíduos por processos estocásticos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Flavio Nunes Ramos e Peter Feisinger pelas valiosas sugestões em versões prévias do manuscrito. Os autores agradecem também aos dois revisores anônimos. Esse trabalho foi suportado pela Proap-Capes.

Referências Bibliográficas

- AIZEN, M.A. & FEISINGER, P. 1994. Forest fragmentation, pollination and plant reproduction in a Chaco dry forest, Argentina *Ecology* 75: 330-351.
- ALDRICH, P.R. & HAMRICK, J.L. 1998. Reproductive dominance of pasture trees in a fragmented tropical forest mosaic. *Science*. 281: 103-105.
- BISHOP, J.G. & SCHEMSKE, D.W. 1998. Variation in flowering phenology and its consequences for Lupines colonizing Mount St. Helens. *Ecology*. 79(2): 534-546.
- BORCHERT, R. 1994. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology*. 75: 1437-1449.
- BULHÃO, C. F. & FIGUEIREDO, P. S. 2002. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Revista Brasileira de Botânica*. 25(3): 361-369.
- CASCANTE, A.; QUESADA, M.; LOBO, J.A. & FUCHS, E.J. 2002. Effects of dry tropical forest fragmentation on the reproductive success and genetic structure of the tree *Samanea saman*. *Conservation Biology*. 16: 137-147.
- COUTINHO, L.M. 1978. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*. 1(1): 17-24.
- CUNNINGHAM, S. A. 1997. The effect of light environment, leaf area, and stored carbohydrates on inflorescence production by a rain forest understory palm. *Oecologia*. 111: 36-44.
- CUNNINGHAM, S.A. 2000a. Depressed pollination in habitat fragments causes low fruit set. *Proceedings of the Royal Society of London Series B - Biological Science*. 267: 1149-1152.
- CUNNINGHAM, S.A. 2000b. Effects of habitat fragmentation on the reproductive ecology of four plant species in Malle Woodland. *Conservation Biology*. 14(3): 758-768.
- DICK, C. W. 2001. Habitat change, African honeybees and fecundity in the Amazonian tree *Dinizia excelsa* (Fabaceae). In: Lessons from Amazonia: The ecology and conservation of a fragmented forest (Bierregaard RO, Gascon C, Lovejoy TE, Mesquita R, eds.) pp. 146-157. Yale University Press, New Haven.
- DICK, C. W.; ETCHELECU, G. & AUSTERLITZ, F. 2003. Pollen dispersal of tropical trees (*Dinizia excelsa*: Fabaceae) by native insects and African honeybees in pristine and fragmented Amazonian rainforest. *Molecular Ecology*. 12: 753-764.

- DURIGAN, G.; BAITELLO, J. B.; FRANCO, G. A. D. C. 2004. Plantas do Cerrado Paulista: Imagens de uma paisagem ameaçada. Páginas & Letras. São Paulo.
- FAHRIG, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review Ecology and Systematic*. 34: 487-515.
- FEISINGER, P.; BEACH, J.H.; LINHART, Y.B.; BUSBY, W.H.; MURRAY, K.G. 1987. Disturbance, pollination predictability and pollination success among Costa Rican cloud forest plants. *Ecology*. 68: 1294-1305.
- FIDELIS, A. T.; GODOY, S. A. P. DE. 2003. Estrutura de um cerrado *stricto sensu* na Gleba Cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. *Acta Botânica Brasílica*. 17(4): 531-539.
- FOURNIER, L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*. 24: 422-423.
- FUCHS, E.J.; LOBO, J.A. & QUESADA, M. 2003. Effects of forest fragmentation and flowering phenology on the reproductive success and mating patterns on the tropical dry forest tree, *Pachira quinata* (Bombacaceae). *Conservation Biology*. 17: 149-157.
- GHAZOUL, J.; LISTON, K.A. & BOYLE, T.J.B. 1998. Disturbance-induced density-dependent seed set in *Shorea siamensis* (Dipterocarpaceae), a tropical forest tree. *Journal of Ecology*. 86: 462-473.
- GOTTSBERGER, G. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 2006. Life in the Cerrado: a South American Tropical Seasonal Ecosystem Vol. II. Pollination and Seed Dispersal. Ulm: Reta Verlag, Germany. 383pp.
- GROSS, E.; CORDEIRO, L.; CAETANO, F. H. 2002. Nodule ultrastructure and initial growth of *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. var. *falcata* (Benth.) Altschul plants infected with *Rhizobia*. *Annals of Botany*. 90: 175-183.
- HERRERA, C.M. 1988. Variation in mutualisms: the spatio-temporal mosaic of a pollinator assemblage. *Biological Journal of the Linnean Society*. 35: 95-125.
- HERRERIAS-DIEGO, Y.; QUESADA, M.; STONER, K.E. & LOBO, J.A. 2006. Effects of forest fragmentation on phenological patterns and reproductive success of the Tropical Dry Forest tree *Ceiba aesculifolia*. *Conservation Biology*. 20(4): 1111-1120.
- KAPPOS, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology* 5: 173-185.

- KATO, E. & HIURA, T. 1999. Fruit set in *Styrax obassia* (Styracaceae): the effect of light availability, display size and local floral density. *American Journal of Botany*. 86(4): 495-501.
- KLINK, C. A.; MACEDO, R. H. & MUELLER, C. C. 1995. De grão em grão, o Cerrado perde espaço. Cerrado: Impactos do processo de ocupação. In: Martins, E. S. & Alho, C. J. R. (eds.). Documento para Discussão. WWF & PRO-CER, Brasília, 66p.
- KÖPPEN, W. 1948. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. México, F. C. E.
- LEE, T.D. & BAZZAZ, F.A. 1982. Regulation of fruit and seed production in an annual legume, *Cassia fasciculata*. *Ecology*. 63(4): 1363-1373.
- LENZA, E. 2005. Fenologia, demografia foliar e características foliares de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito no Distrito Federal e suas relações com as condições climáticas. Tese de doutorado (Universidade de Brasília, UnB). Brasília, Brasil.
- LEITE, G.L.D.; VELOSO, R.V. DOS S.; ZANUNCIO, J.C.; FERNANDES, L.A. & ALMEIDA, C.I.M. 2006. Phenology of *Caryocar brasiliense* in the Brazilian cerrado region. *Forest Ecology and Management*. 236: 286-294.
- MARCO, D.E.; CALVIÑO, A.A. & PÁEZ, S.A. 2000. Patterns of flowering and fruiting in populations of *Larrea divaricata* in dry Chaco (Argentina). *Journal of Arid Environments*. 44: 327-346.
- MARTIM-GAJARDO, I. S. & MORELLATO, L. P. C. 2003. Inter e intraspecific variation on reproductive phenology of Atlantic forest Rubiaceae: ecology and phylogenetic constraints. *Revista de Biologia Tropical*. 51(3-4): 691-698.
- MELO, C.; BENTO, E.C.; OLIVEIRA, P.E. 2003. Frugivory and dispersal of *Faramea cyanea* (Rubiaceae) in cerrado woody plant formations. *Brazilian Journal of Biology* 63(1): 72-80.
- MORELLATO, L. P. C., TALORA, D. C., TAKAHASI, A., BENCKE, C. C.; ROMERA, E. C. & ZIPPARRO, W. B. 2000. Phenology of atlantic rain forest trees: a comparative study. *Biotropica*. 32(4b): 811-823.
- MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62.

- NIESENBAUM, R. A. 1993. Light or pollen – seasonal limitations on reproductive success in the understory shrub *Lindera benzoin*. *Journal of Ecology*. 81: 315-324.
- PRIMACK, R.B. 1980. Variation in the phenology of natural populations of montane shrubs in New Zealand. *Journal Ecology*. 68: 849-862.
- QUESADA, M.; STONER, K.E.; ROSAS-GUERRERO, V.; PALACIOS-GUEVARA, C. & LOBO, J.A. 2003. Effects of habitat disruption on the activity of nectarivorous bats (Chiroptera: Phyllostomidae) in a dry tropical forest: implications for the reproductive success of the neotropical tree *Ceiba grandiflora*. *Oecologia*. 135: 400-406.
- QUESADA, M. & STONER, K.E. 2004. Threats to the conservation of the tropical dry forest in Costa Rica. In: Frankie, G.M; Mata A. & Vinson, S.B. (eds.) Biodiversity conservation in Costa Rica: Learning the lessons in a seasonal dry forest. pp. 266-280. University of California Press, Berkeley, California.
- QUESADA, M.; STONER, K.E.; LOBO, J.A.; HERRERIAS-DIEGO, Y.; PALACIOS-GUEVARA, C.; MUNGUÍA-ROSAS, M.A.; SALAZAR, K.A.O. & ROSAS-GUERRERO, V. 2004. Effects of forest fragmentation on pollinator activity and consequences for plant reproductive success and mating patterns in bat-pollinated bombacaceous trees. *Biotropica*. 36(2): 131-138.
- REICH, P. B. 1995. Phenology of tropical forests: patterns, causes and consequences. *Canadian Journal of Botany*. 73: 164-174.
- REYS, P.; CAMARGO, M.G.G.; LUIZE, B.G.; ASSIS, M.A. & MORELLATO, L.P.C. 2006. Comparação da estrutura e fitossociologia entre ambientes em fragmento de cerrado no município de Itirapina, estado de São Paulo. In: XVI Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo: Mudanças climáticas e biodiversidade. Piracicaba, SP.
- ROCHA, O.J. & AGUILAR, G. 2001. Reproductive biology of the dry forest tree *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste) in Costa Rica: a comparison between trees left in pastures and trees in continuous forest. *American Journal of Botany* 88(9): 1607-1614.
- SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J. & MARGULES, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 18-32.
- SEFFAN-DWENTER, I. & TSCHARNTKE, T. 1999. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. *Oecologia*. 121: 432-440.

- STEPHENSON, A. G. 1982. When does outcrossing occur in a mass-flowering plant? *Evolution*. 36: 762-767.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. 1995. Biometry. The principles and practice of statistics in biology research. New York. W.H. Freeman.
- TOMIMATSU, H. & OHARA, M. 2004. Edge effects on recruitment of *Trillium camschatcense* in small forest fragments. *Biological Conservation*. 117(5): 509-519.
- TRAVERSE, A. 1991. Pre-dispersal seed predation in Central American *Acacia farnesiana*: factors affecting the abundance of co-occurring bruchid beetles. *Oecologia*. 87(4): 570-576.
- ZAR, J. H. 1974. Bioestatistical analysis. Prentice-Hall, New Jersey.
- WRIGHT, S.J.; CARRASCO, C.; CALDERÓN, O. & PATON, S. 1999. The El Niño Southern Oscillation, variable fruit production, and famine in a tropical forest. *Ecology*. 80: 1632-1647.

Tabela 1. Condições físicas e tamanho dos indivíduos de *A. falcata* nos três ambientes estudados; onde AI: árvores isoladas, B: borda e I: interior. Testes de Kruskal-Wallis (H) foram conduzidos entre os ambientes para cada variável física.

	AI	B	I	P	H value	N
Número de indivíduos	26	75	91			
Luz (Lumens)	793,9 ± 0,18 AC	732,3 ± 127,9 BC	762,5 ± 83,1 C	1x10 ⁻⁵	20	161
Temperatura média (°C)	41,5 ± 2,09 A	35,99 ± 4,50 B	37,29 ± 4,31 C	1x10 ⁻⁵	31,11	160
Umidade absoluta (g/m ³)	14 ± 1,36 A	15,6 ± 1,37 A	14,7 ± 1,55 A			
DAP (cm)	61,7 ± 20,6 A	35,1 ± 32,4 B	38,9 ± 32,8 B	1x10 ⁻⁵	26,32	186
Altura das plantas (cm)	7,6 ± 1,4 A	5,1 ± 3,3 B	6,6 ± 4,4 B	1x10 ⁻⁴	17,86	186

* Valores com a mesma letra não diferem significativamente.

Tabela 2. Valores estimados para o teste Z de uniformidade de Rayleigh e concentração (r) das fenofases estudadas nos três ambientes; AI: árvores isoladas, B: borda e I: interior; em cerrado *stricto sensu*.

			Concentração (r)	Ângulo Médio	Data Média	Z value	P	N
Floração	AI	2005	0,78	160° ± 40,39°	1/10	13,99	<0,001	23
		2006	0,98	144,5 ± 11,28°	10/09	23,08	<0,001	24
	B	2005	0,74	161,9° ± 44,16°	2/10	20,97	<0,001	38
		2006	0,98	144,3° ± 11,26°	10/09	28,86	<0,001	30
	I	2005	0,88	159,4° ± 28,89°	28/09	32,56	<0,001	42
		2006	0,98	151,9° ± 12,16°	16/09	42,06	<0,001	44
Frutificação	AI	2005	0,98	89,24° ± 9,6°	22/07	12,63	<0,001	13
	B	2005	0,79	115,9° ± 39,24°	17/08	12,51	<0,001	20
	I	2005	0,88	101,8° ± 28,9°	03/08	16,27	<0,001	21
	AI	2005	0,92	140,1° ± 24,01°	10/09	16,77	<0,001	20
Brotamento foliar		2006	0,96	144,9° ± 16,39°	10/09	13,82	<0,001	15
		2005	0,97	143,1° ± 12,95°	14/09	48,45	<0,001	51
		2006	0,91	137,8° ± 24,6°	02/09	38,25	<0,001	46
		2005	0,95	143,7 ± 16,86°	14/09	47,68	<0,001	52
	I	2006	0,95	141,5° ± 18,45°	07/09	50,48	<0,001	56
		2005	0,99	132,6° ± 5,74°	02/09	25,74	<0,001	26
Queda foliar	AI	2006	0,96	115,9° ± 15,96°	11/08	24,05	<0,001	26
	B	2005	0,97	133,2° ± 12,85°	03/09	70,36	<0,001	74
		2006	0,92	110,2° ± 23,83°	06/08	61,40	<0,001	73
	I	2005	0,98	134,6° ± 10,43°	04/09	87,06	<0,001	90
		2006	0,92	117,2° ± 23,85°	14/08	75,67	<0,001	90

Tabela 3. Parâmetros fenológicos dos indivíduos de *A. falcata* presentes nos três ambientes estudados; AI: árvores isoladas, B: borda e I: interior. Testes de Kruskal-Wallis (H) foram conduzidos para comparar os ambientes.

	Ano	AI	B	I	P	H value	N
<i>Floração</i>							
Duração (Dias)	2005	33,5 ± 24,2 A	9,4 ± 19,3 B	9,1 ± 16,6 B	1x10 ⁻⁵	28,09	186
	2006	39,2 ± 18,5 A	13,6 ± 17,9 B	20,4 ± 22,3 B	1x10 ⁻⁵	26,35	186
Frequência (nº/ano)	2005	1,38 ± 0,7 A	0,5 ± 0,6 B	0,5 ± 0,6 B	1x10 ⁻⁵	25,81	186
Data de pico (dias Julianos)	2005	169,1 ± 45,3 A	176,8 ± 53,2 A	166,6 ± 38,2 A	0,53	1,26	103
	2006	144,6 ± 11,5 A	144,5 ± 11,5 A	151,9 ± 15,1 A	0,35	6,68	98
Data de início (dias Julianos)	2005	152,8 ± 31,6 A	172 ± 48,3 B	164,9 ± 38,3 B	0,01	8,4	104
	2006	141,5 ± 8,4 A	144 ± 11,4 A	150,3 ± 14,7 B	0,01	8,6	99
Índice de Sincronia	2005	0,38 A	0,19 B	0,18 B			
	2006	0,72 A	0,26 B	0,31 B			
<i>Frutificação</i>							
Data de pico (dias Julianos)	2005	94,4 ± 17,9 A	112,1 ± 33,5 B	103,2 ± 27,3 B	0,03	7,21	103
<i>Brotamento foliar</i>							
Data de pico (dias Julianos)	2005	144 ± 26,4 A	143,5 ± 12,4 A	141,5 ± 18,2 A	0,23	2,90	158
	2006	145,6 ± 16,5 A	143,1 ± 29,8 A	143,9 ± 18,4 A	0,41	1,77	149
<i>Queda foliar</i>							
Data de pico (dias Julianos)	2005	132,6 ± 5,8 A	133,2 ± 12,9 A	134,5 ± 10,5 A	0,28	2,56	192
	2006	116,3 ± 16,4 A	110,3 ± 24,3 A	118 ± 24,6 A	0,07	5,24	191

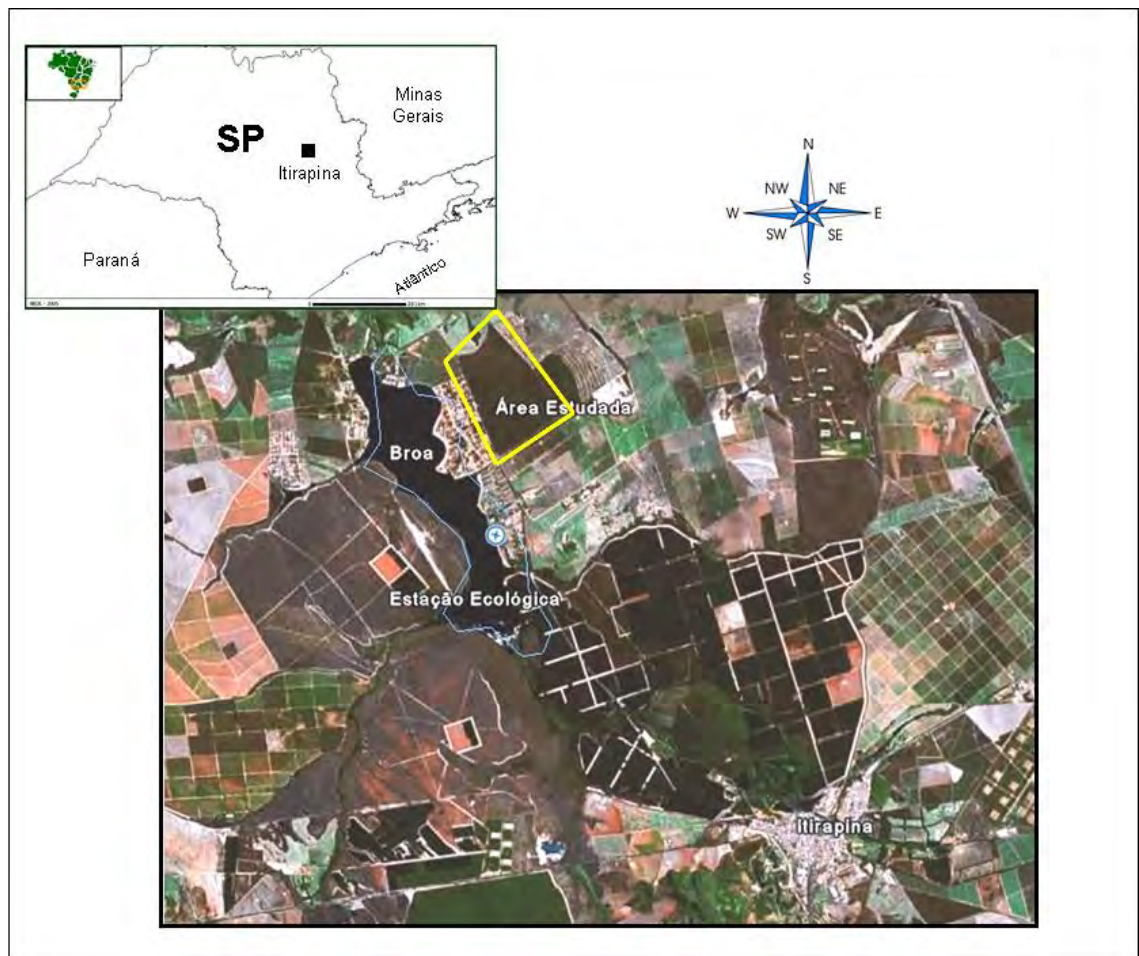
* Valores com a mesma letra não diferem significativamente.

Tabela 4. Sucesso reprodutivo para os indivíduos de *A. falcata* nos três ambientes estudados; AI: árvores isoladas, B: borda e I: interior. Testes de Kruskal-Wallis (H) foram conduzidos para comparar os ambientes com os dados da população.

	Ano	AI	B	I	P	H value	N
Número de botões florais	2005	2104 ± 2330 A	658 ± 1293 B	558 ± 1139 B	1x10 ⁻⁵	24,83	186
	2006	4357 ± 8521 A	716 ± 1576 B	978 ± 2023 B	2x10 ⁻⁴	17,27	186
	2005	266 ± 375 A	115 ± 284 B	127 ± 484 B	6x10 ⁻⁴	15	186
Número de inflorescências	2006	2118 ± 3118 A	342 ± 1027 B	312 ± 799 B	1x10 ⁻⁵	30,61	186
	2005	226 ± 245,2 A	47,1 ± 117,7 B	104,2 ± 321,9 B	1x10 ⁻⁵	31,02	186
	2007	139,6 ± 230,6 A	30,1 ± 79,1 B	42,5 ± 139,9 B	8x10 ⁻⁴	14,22	186
Sucesso reprodutivo	2007	0,0014±0,0016 A	0,0007±0,0007 A	0,0017±0,0028 A	0,39	1,87	70
Número de sementes	2005	8,5 ± 2,5 A	8,1 ± 1,5 A	7,6 ± 1,6 A	0,31	2,32	62

* Valores com a mesma letra não diferem significativamente.

(A)



(B)



Figura 1. (A) Localização da área de cerrado *sensu stricto* estudada e o entorno em Itirapina SP, entre as coordenadas 22°13' S e 47°53' W. (B) Foto aérea do fragmento de cerrado *sensu stricto* estudado. AI representa as árvores isoladas marcadas na pastagem, BS e BL são as transecções na borda sul e leste respectivamente e IS e IL são as transecções do interior marcadas sul e leste respectivamente.

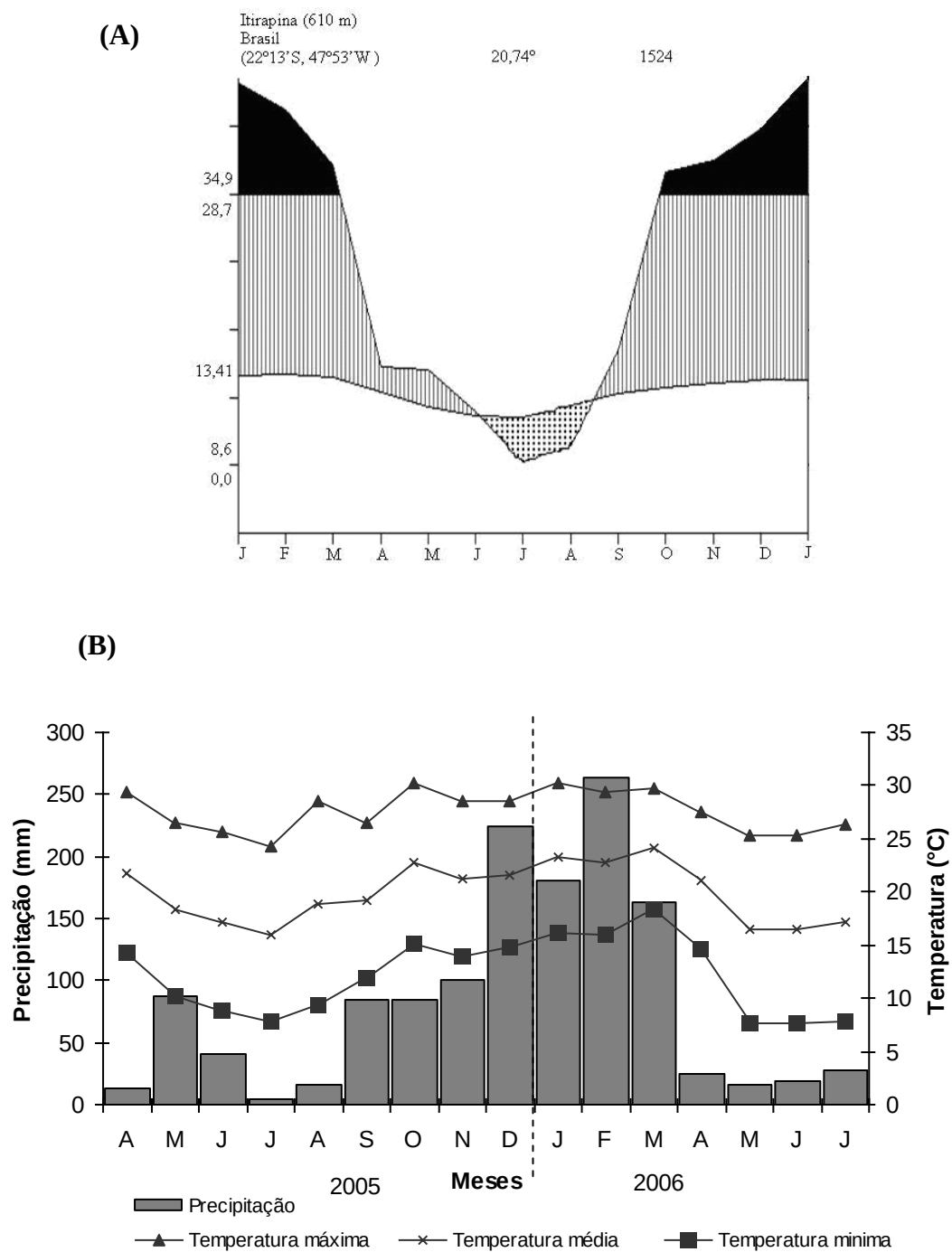


Figura 2. (A) diagrama climático da região de Itirapina, estado de São Paulo, entre o período de 1970 a 2006. (B) Variação mensal das temperaturas média, máxima e mínima e dos valores de precipitação no período de estudo. Fonte: Estação Meteorológica do CREA em Itirapina SP.

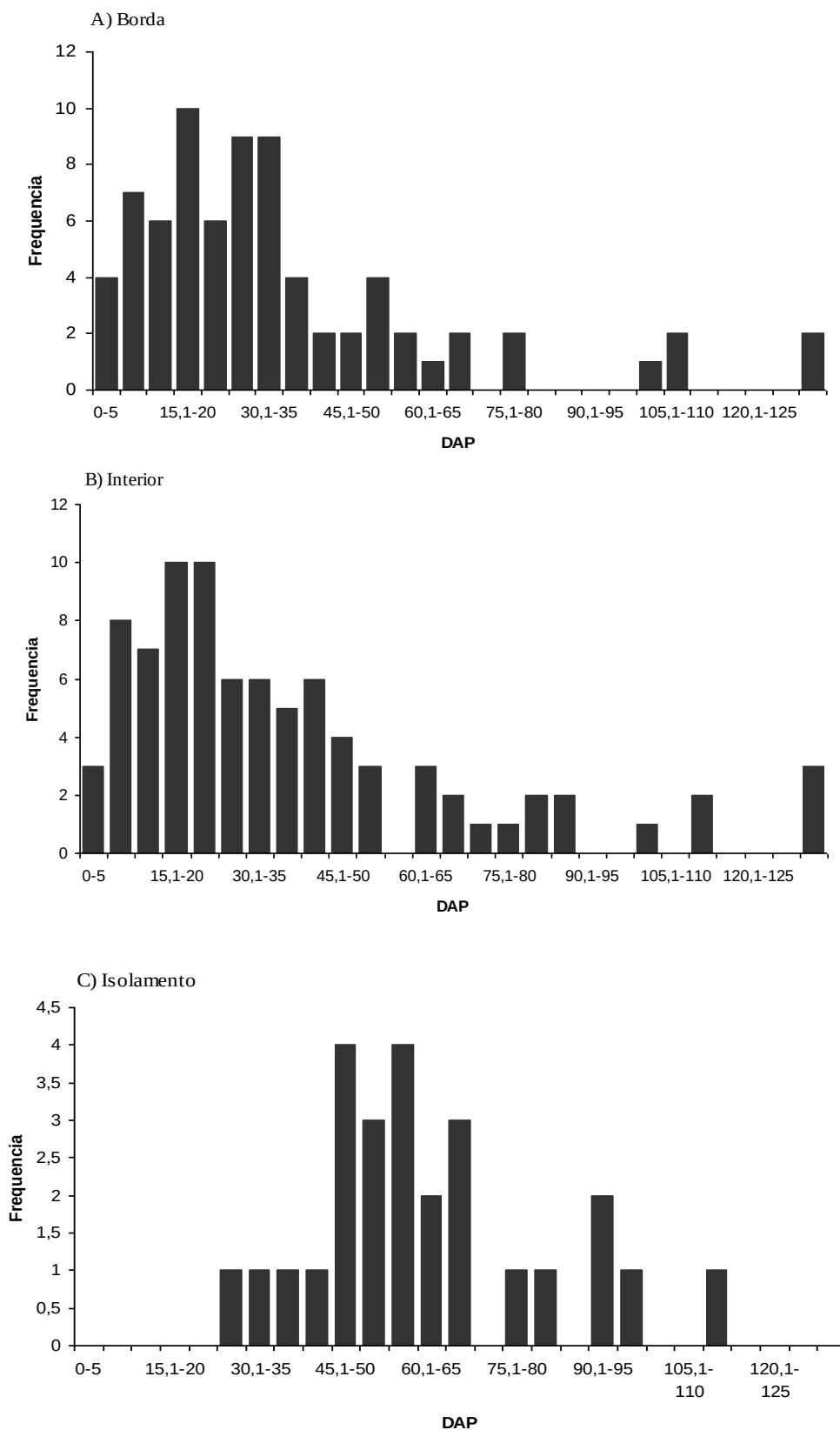


Figura 3. Distribuição de freqüência de diferentes classes de tamanho (DAP) nos indivíduos dos três ambientes estudados, A: borda; B: interior e C: isolamento. Note a diferença existente entre a pastagem e os outros ambientes.

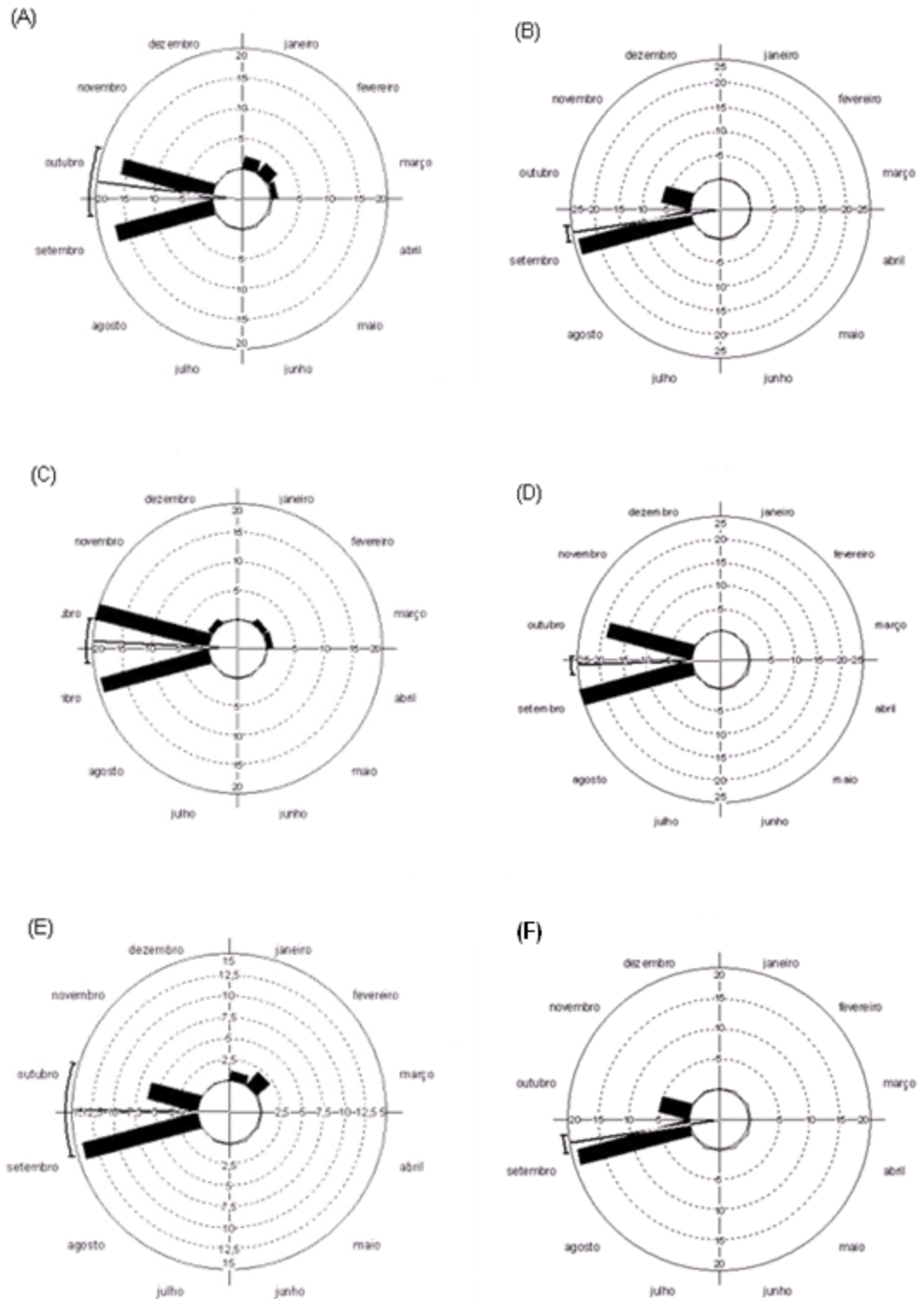


Figura 4. Histogramas circulares da data de pico de floração de *Anadenanthera falcata* nos anos de 2005 (A, C e E) e de 2006 (B, D e F) nos ambientes de borda (A, B), interior (C, D) e isolamento (E, F) em cerrado *sensu stricto* em Itirapina, SP.

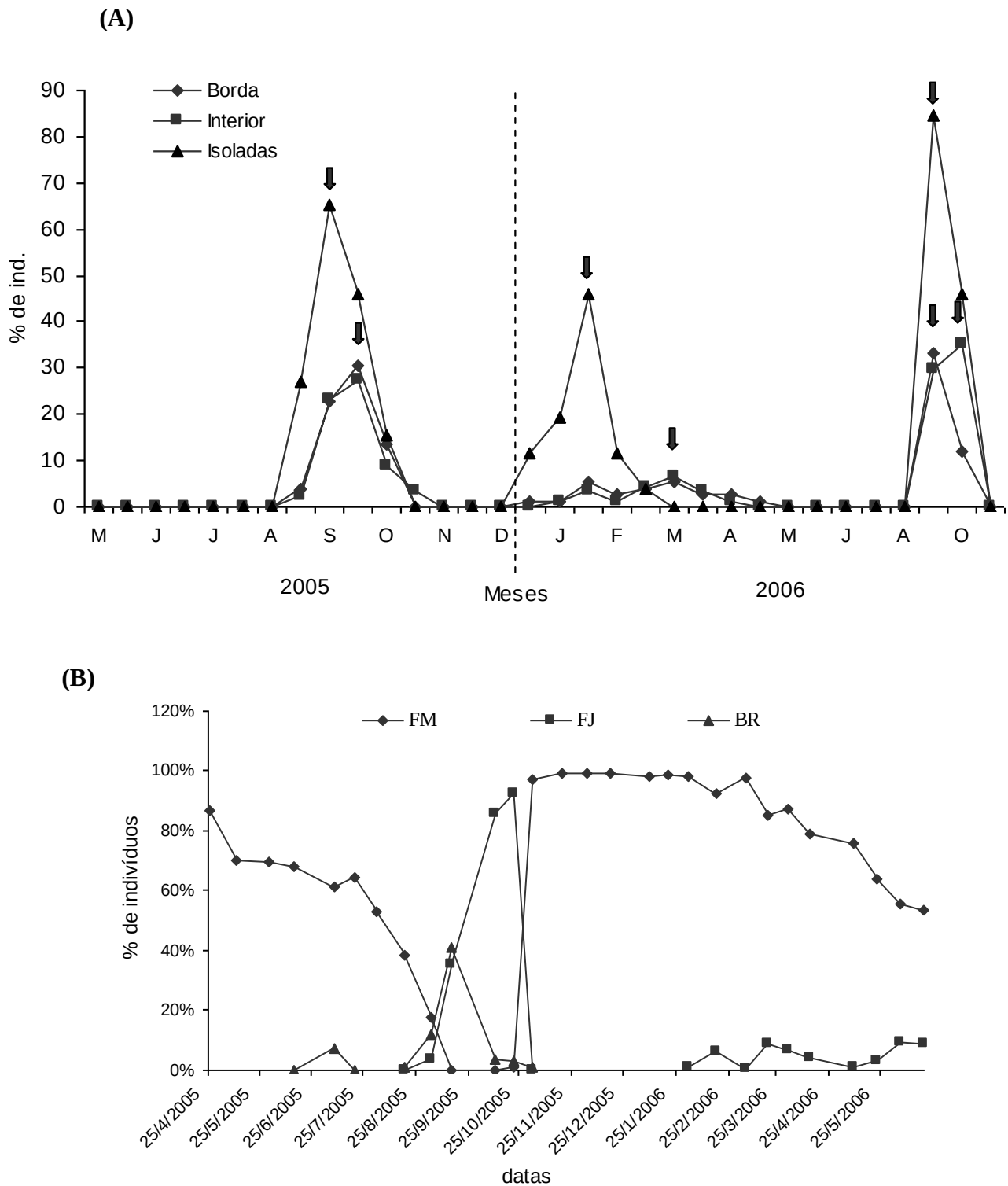


Figura 5. (A) Porcentagem de indivíduos de *Anadenanthera falcata* em floração nos diferentes ambientes. Flechas escuras representam as datas de maior porcentagem de indivíduos em floração nos três ambientes estudados. (B) Porcentagem de intensidade de Fournier para mudança foliar nos indivíduos de *A. falcata* em um cerrado *sensu stricto* em Itirapina SP. FM: folha madura, FJ: folha jovem e BR: brotamento.

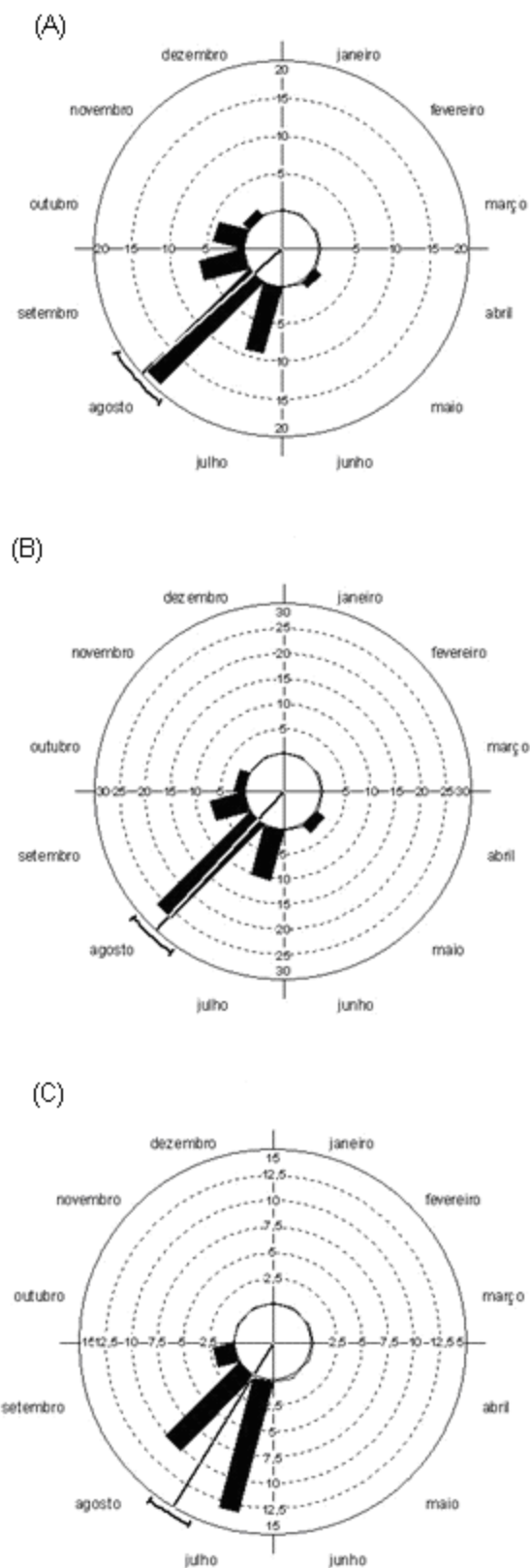


Figura 6. Histogramas circulares da data de pico para frutos maduros em *Anadenanthera falcata* em 2005 nos ambientes de A: borda, B: interior e C: isolamento em cerrado *sensu stricto* em Itirapina, SP.

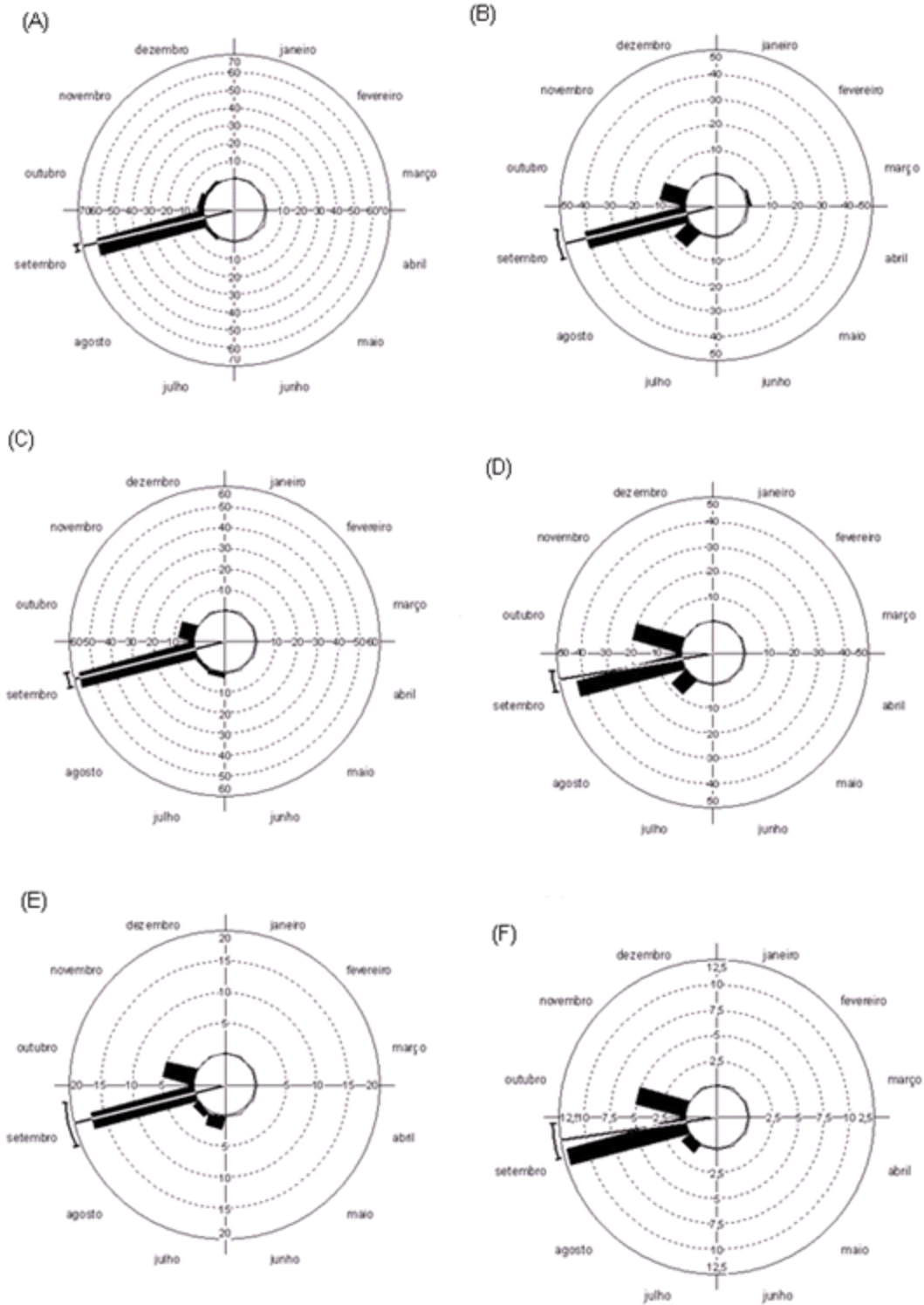


Figura 7. Histogramas circulares das datas de pico de brotamento foliar para indivíduos de *Anadenanthera falcata* nos anos de 2005 (A, C e E) e de 2006 (B, D e F) nos ambientes de A, B: borda, C, D: interior e E, F: isolamento em cerrado *sensu stricto* Itirapina, SP.

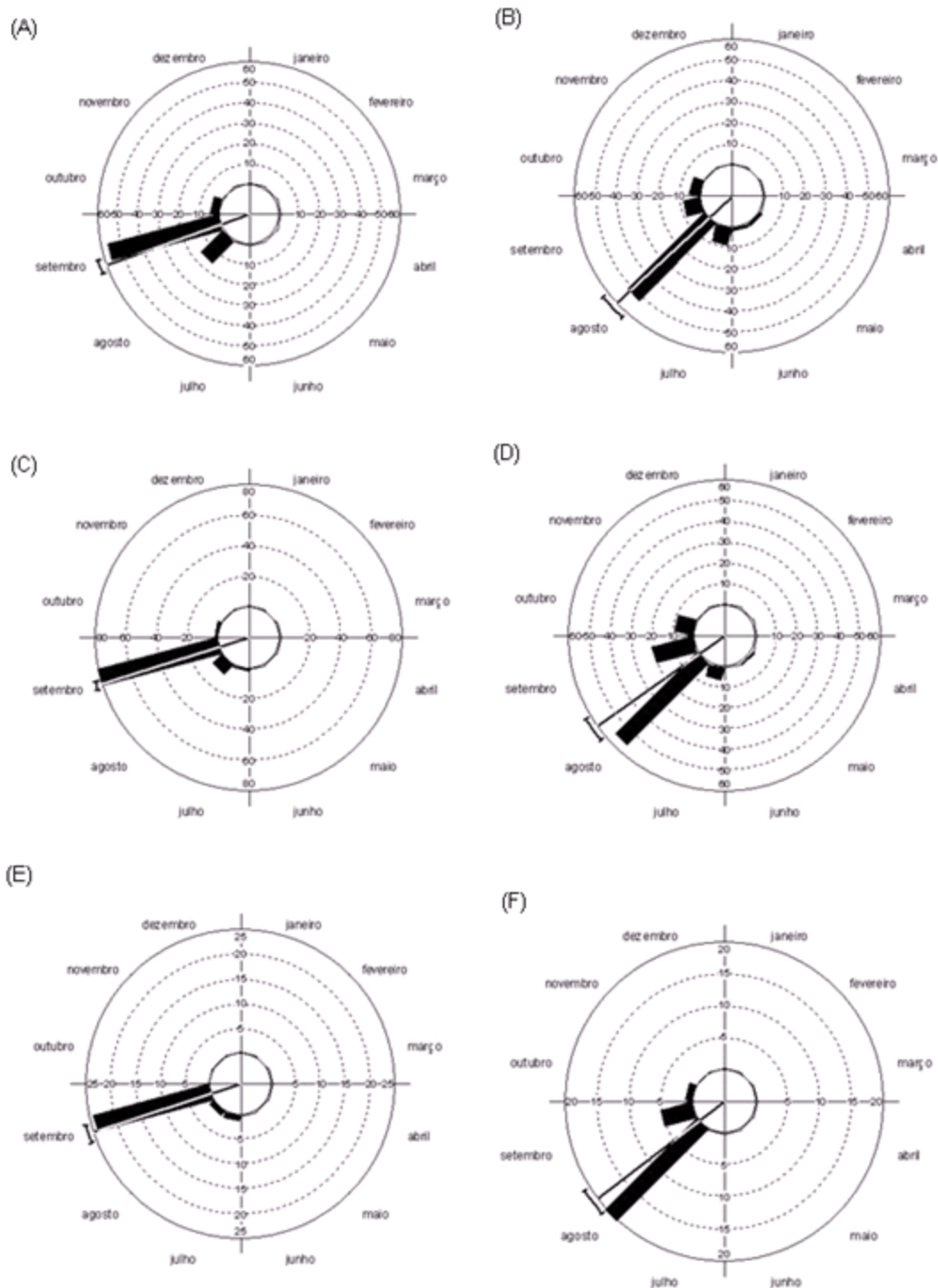


Figura 8. Histogramas circulares das datas de pico de queda foliar em *Anadenanthera falcata* nos anos de 2005 (A, C e E) e de 2006 (B, D e F) nos ambientes de A, B: borda, C, D: interior e E, F: isolamento em cerrado *sensu stricto* em Itirapina, SP.

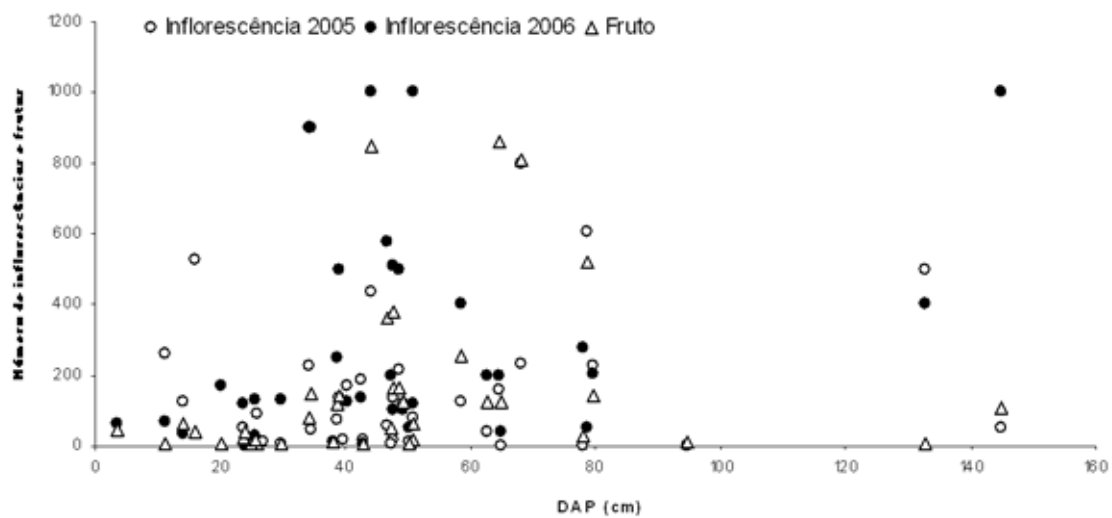


Figura 9. Produção de inflorescências nos anos de 2005 e 2006 e de frutos como função do tamanho dos indivíduos de *Anadenanthera falcata* em cerrado *sensu stricto* em Itirapina, SP.

APÊNDICE

Estágios do ciclo de vida de *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. em cerrado stricto sensu em São Paulo, Brasil de (A) a (C), A) aspecto das inflorescências em botão floral e flores abertas; B) aspecto decíduo de sua copa no fim da estação seca; C) plântula na borda do fragmento na área de estudo; e aspectos vegetativos dos indivíduos de *A. falcata* amostrados em situação de isolamento de (D) a (H), D) aspecto geral da área de pastagem amostrada considerada área isolada, E) árvore isolada, F) árvore na pastagem com vizinho muito próximo, G) aspecto da borda leste.

