

**INFLUÊNCIA DA BORDA NA FRUTIFICAÇÃO E NAS  
SÍNDROMES DE DISPERSÃO DE SEMENTES EM UMA  
ÁREA DE CERRADO *SENSU STRICTO***

MARIA GABRIELA GUTIERREZ DE CAMARGO

Dissertação apresentada ao Instituto de  
Biotecnologia da Universidade Estadual  
Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus  
de Rio Claro, para a obtenção do título de  
Mestre em Ciências Biológicas (Biologia  
Vegetal)

Rio Claro

**Estado de São Paulo – Brasil**

**Agosto de 2008**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**INFLUÊNCIA DA BORDA NA FRUTIFICAÇÃO E NAS  
SÍNDROMES DE DISPERSÃO DE SEMENTES EM UMA  
ÁREA DE CERRADO *SENSU STRICTO***

**MARIA GABRIELA GUTIERREZ DE CAMARGO**

**Orientadora: Profa. Dra. LEONOR PATRÍCIA CERDEIRA MORELLATO**

**Dissertação apresentada ao Instituto de  
Biotecnologia da Universidade Estadual  
Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus  
de Rio Claro, para a obtenção do título de  
Mestre em Ciências Biológicas (Biologia  
Vegetal)**

Rio Claro

**Estado de São Paulo – Brasil**

**Agosto de 2008**

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento (Processo: 05/57740-0).

Aos proprietários da Fazenda São José da Conquista e ao Instituto Arruda Botelho pela iniciativa de manter conservada esta área de cerrado, que apesar de pequena é de grande importância para o Estado de São Paulo onde restam tão poucos remanescentes deste bioma. E também por permitirem o desenvolvimento deste estudo em sua propriedade.

À Profa. Dra. L. Patrícia C. Morellato pela confiança e total apoio nesses cinco anos de orientação, desde a minha iniciação científica. É uma enorme satisfação trabalhar com uma pesquisadora de tão alto reconhecimento que não deixa de ser humilde e atenciosa com seus alunos. Não é à toa que o Laboratório de Fenologia da Unesp de Rio Claro tem ótimos pesquisadores e colegas de trabalho. Obrigada pelas ótimas oportunidades e pela paciência, principalmente na reta final!

Agradeço de coração a todos os alunos do Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal e do Grupo de Fenologia e Dispersão de Sementes, em especial aos alunos do Laboratório de Fenologia. Formados por pesquisadores dedicados, sempre dispostos a ajudar e claro, grandes amigos. Obrigada por cada conversa, pelas ajudas em campo e nas disciplinas, pelas discussões nas mesas de bar, pelos desabafos... Enfim, teria sido muito mais difícil sem o apoio profissional e pessoal dos amigos que fiz no departamento e no Grupo: Paula, Regina, Bruno, Amira e Eduardo (a trupe do Cerrado, companheiros de campo e de ótimas discussões sobre este maravilhoso e incrível bioma); Julieta, Valesca, Alberti, Eliana Gressler, Leslie, Vanessa, André Guaraldo, Saldanha, Carol (carioca), Rodrigão e Daniel Damineli, pela amizade e ajuda nas análises e correções detalhadas (Alberti, nem sei como agradecer toda sua ajuda nas minhas análises, muito obrigada pela disposição e por sempre dividir todo o seu conhecimento com tanta humildade, valeu pelos mates também!); Eliana Cazetta que me ajudou com a biometria dos frutos e análises químicas (que infelizmente não fizeram parte deste trabalho, mas ainda vão sair!); Aloysio (Bebê) e João Tannus pela ajuda na identificação das plantinhas; e André Bianconi e Ganso pela força com as análises.

Obrigada a todos que me ajudaram em campo mesmo debaixo de um sol escaldante ou (acreditem) chuvas intensas que não paravam mais: Bruno, Paula, Regina, Chewbbaquinha, Carol (Lol), Léo Cancian, Andréia, Julieta, Carol Potas, Pardal e ao Léo (Trevelin), pela

companhia em muitos campos e pelo Corcel “velho de guerra” que tantas vezes nos levou pra campo (e chegava sempre, mesmo comigo ao volante!).

Aos professores: Leonardo Galetto, Paulo Guimarães Jr., Pedro Jordano, Rodolfo Dirzo pela oportunidade de aprender de forma única um pouco mais sobre as plantas, Ecologia, interações, estatística... e, principalmente, como fazer pesquisa.

Aos inesquecíveis amigos de Rio Claro, em especial aos das minhas duas casas: Meire, Mari, Amira e Dani da Rép. Margarita’s (minha primeira casa) e Soraia, Rita, Ângela, Léo e Léo Cancian da Rép. Cabeça do Macaco (minha segunda casa). Valeu pelas baladinhas, preocupação, risadas e intensa convivência. Aos amigos que já tomaram outros rumos Brasil (ou América) a fora, mas que estão sempre por perto: Batatinha, Baby, Bruno, Mau, Carlão, Ariela e Serjoca. E aos amigos de São Paulo: Ana, Pri, Michel, Alan, Guilherme, Diego e Aurélio, que sempre topam uma cervejinha!

Aos meus pais, Sônia e José, meus irmãos e grandes amigos, Malu e Greg, e meus avós, Célia e Manoel, Mafalda e Valdomiro, por sempre me apoiarem, serem minha base e exemplo para vida toda. É preciso mesmo uma vida inteira pra retribuir a vocês todo o amor, alegria, apoio e milhões de coisas maravilhosas que sempre recebi de todos vocês.

À família Carreira Trevelin pela hospedagem nos dias de trabalho em campo e por todo o carinho que recebo sempre, de toda a família.

Não posso deixar de agradecer de forma especial à Paula Reys, pela amizade sem igual e por dividir comigo a experiência de trabalhar no cerrado. Inclusive por dividir suas parcelas, plantas, artigos, planilhas... e pela companhia no campo. Quanto sol na cabeça na borda leste, tombos nos interiores, chuvas de raios, risadas, troca de idéias, flores e frutos fantásticos... Este trabalho também é seu! Ah, e claro, a Paula não é ótima só como companheira de trabalho não, é uma irmãzona e, agora, também minha cumadre! Não tenho como agradecer o presentão que você e o Tom me deram, ser madrinha da Marina, esse anjinho de quem eu morro de saudades!

E pra fechar com chave de ouro, agradeço a um dos maiores responsáveis pela minha escolha de iniciar o mestrado e sem o qual talvez não tivesse tido tranqüilidade e forças para terminá-lo da melhor maneira possível. Léo, muito obrigada por toda a experiência de vida que tenho ao seu lado, como meu amigo, como ecólogo e pesquisador e, principalmente, como meu grande companheiro. Te amo!

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	01
ABSTRACT.....	02
INTRODUÇÃO GERAL.....	03
1. O Bioma Cerrado.....	03
2. Fenologia e produção de frutos.....	06
3. Síndromes de dispersão de sementes.....	07
4. Fragmentação e efeito de borda.....	10
5. Referências bibliográficas.....	14
CAPÍTULO 1 - Padrões de frutificação e produção de frutos por síndromes de dispersão de sementes em uma comunidade arbustivo-arbórea de cerrado <i>sensu stricto</i> no sudeste do Brasil.....	27
Referências.....	46
Tabelas e figuras.....	58
CAPÍTULO 2 - Variação na fenologia e produção de frutos entre ambientes de borda e interior em uma área de cerrado <i>sensu stricto</i> no sudeste do Brasil.....	69
Referências bibliográficas.....	94
Tabelas e figuras.....	104
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122
Referências bibliográficas.....	122
APÊNDICE.....	128

## RESUMO

Considerado um dos hotspot de biodiversidade, o cerrado brasileiro é a savana mais rica do mundo. O cerrado de forma geral, mas principalmente na região sudeste, vem sofrendo um processo intenso de fragmentação, cujas conseqüências deletérias à biota nativa incluem os efeitos de borda, aos quais os organismos restantes se tornam sujeitos. Efeitos de borda incluem o aumento da temperatura e luminosidade, maior influência de ventos e diminuição da umidade relativa na região de contato com a matriz contrastante, que podem afetar o comportamento fenológico da comunidade de plantas. Este estudo teve por objetivo verificar como varia (i) a proporção de espécies e indivíduos por síndrome de dispersão, (ii) o padrão de frutificação dos indivíduos da comunidade arbustivo-arbórea por síndrome de dispersão e (iii) a produção de frutos de espécies arbustivo-arbóreas em ambientes de borda e interior de uma área de cerrado *sensu stricto* no sudeste do Brasil. Foi realizada (i) a caracterização microambiental (temperatura, umidade relativa e de abertura do dossel) das bordas e interiores voltados para as faces leste e sul da área de estudo; (ii) o levantamento das síndromes de dispersão; e (iii) o acompanhamento fenológico, contagem de frutos e estimativa da biomassa de frutos dos indivíduos, quinzenalmente durante 14 meses e mensalmente nos últimos três meses, para os 2.340 indivíduos amostrados. A proporção das síndromes foi semelhante entre os ambientes com predominância da zoocoria, concordando com outros trabalhos realizados para o cerrado e mesmo para florestas tropicais. O padrão de frutificação também foi semelhante entre os ambientes, com produção sazonal de frutos, predominando na estação chuvosa para os indivíduos zoocóricos e na estação seca para os anemo e autocóricos, coincidindo com o padrão encontrado para outras áreas de cerrado. A produção total da comunidade foi de 2.144.652 frutos imaturos, 439.781 frutos maduros e biomassa de frutos maduros de 24,2 g/m<sup>2</sup>. A produção de frutos zoocóricos foi maior na borda sul em relação ao interior sul. As principais síndromes na produção de frutos foram a zoocórica para frutos imaturos e biomassa e anemocórica para frutos maduros. Diferenças significativas ocorreram principalmente entre a borda leste e os ambientes com vegetação mais densa da face sul, devido à maior disponibilidade de luz nesta borda ao longo de todo o ano. As diferenças observadas foram mais relacionadas à composição de espécies e heterogeneidade dos ambientes do que à influência das bordas. Portanto, estudos da influência de bordas no cerrado devem considerar a variação da estrutura da vegetação e da luminosidade, que ocorrem com frequência e de forma natural neste bioma, e são potencializadas pela fragmentação.

## ABSTRACT

Considered one of the world's biodiversity hotspot, Brazilian cerrado is the richest savanna of the world. The cerrado is generally, but especially in the Southeastern Brazil, suffering an intense fragmentation process, whose deleterious consequences to native biota includes the edge effects to which remaining organisms become exposed to. Edge effects may include increase in temperature and luminosity, wind exposure and decrease in relative humidity on the contact region with the contrasting matrix, and they may affect phenological patterns of the plant community. The objective of this study was to evaluate changes in (i) proportion of species and individuals by dispersal syndrome, (ii) fruiting patterns of woody community by dispersal syndrome, and (iii) fruit production of woody species on the edge and in the interior of a cerrado *sensu stricto* in Southeastern Brazil. We performed (i) microenvironmental (temperature, relative humidity and canopy opening) on the edge and interior habitats on the east and south sides of the study area; (ii) dispersal syndromes classification; and (iii) phenological monitoring, fruit counting and estimation of individual's fruit biomass, for each individual sampled, fortnightly during the first 14 months and monthly on the last three months (a total of 2,340 individuals sampled). The proportion of individuals per dispersal syndromes was similar among habitats, with a predominance of zoochory, in agreement with other studies at cerrado and others tropical forests. Fruiting patterns were also similar among habitats, presenting a seasonal fruit production, predominantly in the wet season for zoochorous fruits and in the dry or the end of the wet seasons for the anemo and autochorous fruits, coinciding with patterns found on other cerrado areas. The total annual fruit production was of 2,144,652 immature fruits and 439,781 mature fruits and total biomass of mature fruit was 24.2 g/m<sup>2</sup>. Total zoochorous fruit production was greater on the edge than in the interior of the south side. The principal dispersal syndromes contributing to fruit production was zoochory (immature fruits and biomass) and anemochory (mature fruits). The observed differences were more related to species composition and environmental heterogeneity than to edge influence. Significant differences occurred between the east and the others habitats, due to the greater light availability throughout the year. Studies aiming to evaluate edge influence in fragmented areas of cerrado should consider the variation of vegetation structure and luminosity, which is natural on this biome, and is enhanced by fragmentation.

## INTRODUÇÃO GERAL

### 1. O Bioma Cerrado

O território brasileiro, devido à sua grande extensão, apresenta as principais paisagens do Mundo Tropical, com seis grandes domínios paisagísticos e macroecológicos (Ab'Sáber 2003). Dentre eles, o Domínio dos Cerrados, que além do bioma Cerrado, apresenta outros tipos de biomas como Veredas, Matas Galeria, Matas Mesófilas de Interflúvio (Coutinho 2002). O Domínio dos Cerrados ocorre desde o Amapá e Roraima, em latitudes ao norte do Equador, até o Paraná, já abaixo do trópico de Capricórnio. No sentido das longitudes, ele aparece desde Pernambuco, Alagoas, Sergipe, até o Pará e o Amazonas, como encaves na floresta amazônica (Coutinho 2005) (Fig. 1).

O Domínio do Cerrado apresenta uma extensão de aproximadamente dois milhões de km<sup>2</sup> e em sua área predominam ecossistemas do bioma cerrado, segundo maior bioma do Brasil, (Ratter *et al.* 1997, Oliveira-Filho & Ratter 2002, Ab'Sáber 2003, Coutinho 2006), com grande diversidade de ambientes, diferentes tipos de solos, geologia, geomorfologia e clima (Silva *et al.* 2006). Considerado um dos *hotspot* de biodiversidade (Klink & Machado 2005), o cerrado brasileiro é a savana mais rica do mundo, com alta diversidade vegetal e animal. Estima-se que existam no bioma mais de dez mil espécies de plantas, sendo 4.400 endêmicas (Capobianco 2002).

Segundo Ferri (1977), a vegetação do bioma cerrado apresenta pseudoxeromorfismo, com uma flora de evolução integrada às condições dos climas e solos dos trópicos úmidos, sujeitos a forte sazonalidade e a queimadas periódicas (Eiten 1972, Coutinho 1982, Furley 1999). Sendo formado por um mosaico de comunidades com um gradiente de formações ecologicamente relacionadas correspondente a um gradiente de biomassa (Durigan *et al.* 2002, Coutinho 2006), o cerrado apresenta desde formas campestres bem abertas, como os campos limpos de cerrado, até formas relativamente densas, florestais, como os cerradões, além das formas intermediárias, com fisionomia de savana, como os campos sujos, os campos cerrados e os cerrados *sensu stricto* (Eiten 1972, Pivello *et al.* 1999b, Coutinho 2002) (Fig. 2).



Figura 1. Distribuição do Cerrado no Brasil e vegetação associada. 1.Cerrado, 2.Chaco, 3.Floresta atlântica, 4.Pantanal, 5.Caatinga. Fonte: Furley, 1999.

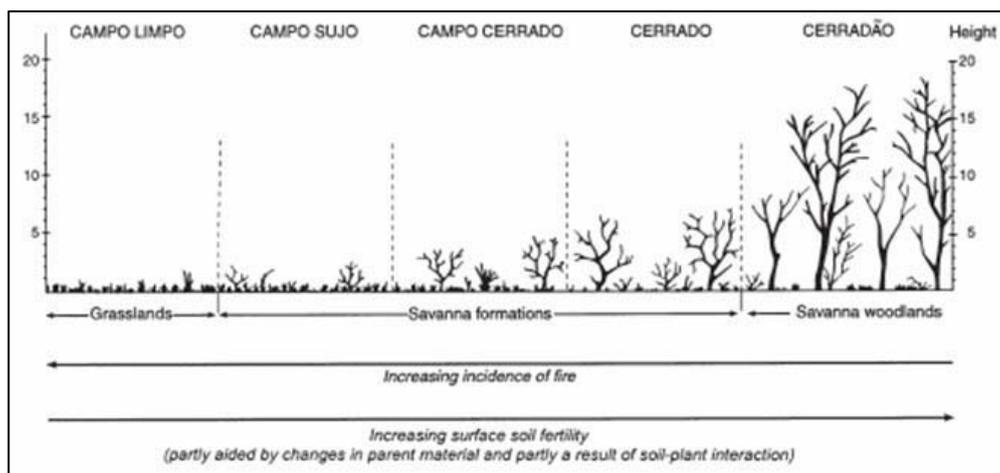


Figura 2. As fitofisionomias do Cerrado. Fonte: Furley, 1999.

Segundo Coutinho (2002) o cerrado não apresenta uma homogeneidade de flora, mas dois tipos florísticos: um herbáceo-arbustivo, predominante nos campos limpos, e outro arbustivo-arbóreo, que ocorre nos cerradões densos e pouco perturbados pelo gado e pelo fogo. Estes dois tipos florísticos diferem entre si não só pelo seu espectro biológico, mas também sob ponto de vista ecológico, pelos padrões de senescência (decíduo nos arbustivo-arbóreos e periódico nos herbáceo-subarbustivos), pelas condições microclimáticas que criam, morfologia e profundidade dos sistemas subterrâneos, pela tolerância a certos tipos de solos e às queimadas freqüentes e pela resposta floral após queimadas (Coutinho 2002). Conforme Gooland (1979) parece ocorrer uma relação inversamente proporcional entre estas duas floras, com o número de espécies herbáceas por área diminuindo conforme aumenta o número de espécies arbóreas.

A proporção na qual estes dois tipos florísticos aparecem em uma área determina a fisionomia da vegetação; e a predominância de um ou outro tipo florístico é condicionada principalmente, pela fertilidade e umidade do solo e freqüência da passagem de fogo (Coutinho 2002). Na fisionomia *campo limpo* predominam gramíneas e não ocorrem arbustos ou árvores; no *campo sujo* e no *campo cerrado*, apesar de também predominarem gramíneas, podemos observar alguns arbustos e pequenas árvores, que passam a ocorrer com maior freqüência no campo cerrado; no *cerrado sensu stricto* observamos principalmente o estrato arbustivo-arbóreo, mas a vegetação herbácea ainda aparece em quantidade significativa rodeando arbustos e árvores com altura entre 3 e 8 metros; o *cerradão* é a fisionomia mais densa, com espécies arbóreas, geralmente com 8 a 12 metros de altura, dominando a vegetação e com o estrato inferior (herbáceo-subarbustivo) quase inexistente (Oliveira-Filho & Ratter 2002) (Fig. 2).

Os remanescentes de cerrado encontrados atualmente desenvolveram-se sobre solos muito antigos, intemperizados, ácidos, pobres em nutrientes e com concentrações elevadas de alumínio. Para torná-los produtivos para agricultura é necessário a aplicação de fertilizantes e calcário (Klink & Machado 2005). Os solos e, particularmente a fertilidade dos solos, são considerados os principais fatores que determinam a extensão e o gradiente de diversidade fisionômica encontrado na vegetação do cerrado (Eiten 1972, Oliveira-Filho & Ratter 2002). O relevo do Domínio do Cerrado é em geral bastante plano ou suavemente ondulado, estendendo-se por imensos planaltos ou chapadões. Cerca de 50% de sua área situa-se em

altitudes que ficam entre 300 e 600 m acima do nível do mar; apenas 5,5% vão além de 900m (Coutinho 2002).

O clima predominante no Domínio do Cerrado é o Tropical Sazonal (Coutinho 1978, Dias 1990). Sua área nuclear apresenta de cinco a seis meses secos, com seis a sete meses relativamente chuvosos. As temperaturas médias anuais variam de 20 a 22°C até 24 a 26°C. A umidade do ar atinge níveis muito baixos no inverno (38-40%) e níveis elevados no verão (95-97%), fator que marca a sazonalidade apresentada por este domínio (Ab'Sáber 2003).

## 2. Fenologia e produção de frutos

Devido ao clima sazonal encontrado no cerrado brasileiro, com estações chuvosas e secas bem marcadas, a pluviosidade pode ser apontada como condicionante da fenodinâmica da vegetação do cerrado (Felfili *et al.* 1999). A variação sazonal na produção de folhas, flores e frutos, é considerada uma estratégia adaptativa das plantas deste bioma (Oliveira & Sazima 1990, van Schaik *et al.* 1993, Coutinho 2002). E, apesar da sazonalidade, como as camadas mais profundas do solo permanecem úmidas o ano todo (Eiten 1972, Oliveira 1998), períodos de floração e frutificação podem ser observados ao longo de todo o ano nas plantas do estrato arbustivo-arbóreo (Sarmiento & Monasterio 1983, Oliveira 1998, Silberbauer-Gottsberger 2001)

A fenologia, área da ecologia que estuda a temporalidade de eventos biológicos cíclicos e sua relação com mudanças no meio biótico e abiótico (Lieth 1974, Morellato & Leitão-Filho 1990), nos fornece informações a respeito do periodismo de uma comunidade de plantas e dos fatores a que estão respondendo (Mantovani & Martins 1988), contribuindo também com informações a respeito da oferta recursos para os consumidores primários (Morellato & Leitão-Filho 1992, Peres 1994).

A disponibilidade de frutos e sementes em uma área garante a sobrevivência e permanência da fauna em uma área, contribuindo para preservar as interações entre a planta e seus dispersores (Jordano 2000, Parrado-Rosselli 2005). Mudanças estacionais e alterações nos padrões de produção e abundância de frutos e sementes zoocóricas podem ter grande influência nas populações de animais frugívoros ou predadores de sementes (van Schaik *et al.* 1993). Alguns trabalhos mostram grande relação entre a abundância de frugívoros e disponibilidade de frutos (Loiselle & Blake 1991, Malizia 2001, Stevenson 2001, Takanose &

Kamitani 2003, Ragusa-Netto 2006), que pode ainda afetar importantes etapas no ciclo de vida destes animais como reprodução e migração (Jordano 2000, Borgmann *et al.* 2004, Kwit *et al.* 2004). A maneira como os frutos são disponibilizados no tempo e no espaço podem levar também a alterações na dieta de alguns animais (Loiselle & Blake 1991, Ganesh & Davidar 1999), e condicionar movimentos de forrageio, distribuição (Paise & Vieira 2005) e uso do habitat destes frugívoros ou predadores (Loiselle & Blake 1993, Jordano 2000, Kimura *et al.* 2001, Chaves-Campos 2004, Ragusa-Netto 2006), fatores que acabam por determinar a maneira como as sementes serão depositadas e o padrão espacial de distribuição de espécies de plantas zoocóricas (Jordano 2000, Levine & Murrell 2003).

Segundo Develey & Peres (2000), dados a respeito da oferta de recursos pela comunidade vegetal são importantes principalmente quando se trata de formações vegetais sob clima sazonal, onde podem ocorrer períodos de escassez de recursos como flores e frutos. Além do acompanhamento fenológico, a produção e abundância de frutos podem ser quantificadas através de diferentes métodos: porcentagem da área da copa coberta por frutos (Blake *et al.* 1990, Paise & Vieira 2005), diâmetro da planta na altura do peito, volume da copa, contagem e remoção de frutos em árvores focais (Chapman *et al.* 1992), contagem de frutos no chão da mata (Reys *et al.* 2005, Castro *et al.* 2007), coletores de frutos e ainda através de contagem de frutos em parcelas definidas na copa das árvores (Parrado-Rosselli *et al.* 2006). Alguns trabalhos comparam os diferentes métodos para se estimar abundância de frutos, mas a escolha de uma metodologia pode variar conforme as características das espécies estudadas e o objetivo principal do trabalho (Chapman *et al.* 1992, Zhang & Wang 1995, Parrado-Rosselli *et al.* 2006).

### 3. Síndromes de dispersão de sementes

O padrão e intensidade da produção de propágulos, como frutos e sementes, é de grande importância para o ciclo de vida das plantas e pode determinar a qualidade da dispersão de suas sementes e seu recrutamento (Schupp 1990, 1993, Schupp *et al.* 2002).

A dispersão de sementes consiste na partida do diásporo, a partir da planta-mãe, para uma área não previamente ocupada (Pijl 1982), sendo considerado um evento crítico no ciclo de vida das plantas, por contribuir para o estabelecimento de seus descendentes (Galetti *et al.* 2003b, Jordano *et al.* 2006). A dispersão de sementes pode influenciar a estrutura genética de

uma população de plantas e com as respostas à seleção natural e determina ainda, a habilidade de colonização de uma espécie vegetal (Willson 2000).

A identificação das diferentes síndromes de dispersão em uma comunidade de plantas pode informar o significado funcional das estruturas e morfologia dos frutos e sementes (Pijl 1982, Théry *et al.* 1998), refletindo a história evolutiva da espécie (Nathan & Muller-Landau 2000, Willson 2000), além de fornecer informações a respeito da estrutura de uma comunidade vegetal (Howe & Westley 1989). O levantamento das síndromes de dispersão das plantas de uma comunidade pode auxiliar na compreensão da ecologia de um ecossistema, já que a proporção de indivíduos em diferentes síndromes pode variar conforme o tipo de vegetação e condições do clima (Jordano 2000) e tendem a apresentar diferentes padrões de frutificação para que o amadurecimento de seus frutos ocorra no momento em que as condições de dispersão são ótimas (Smythe 1970, Frankie *et al.* 1974, Wikander 1984, Chapman *et al.* 1999).

No Bioma cerrado, assim como em áreas de floresta tropical (Janson 1983, Morellato & Leitão-Filho 1992, Jordano 2000), a zoocoria tem grande importância predominando de um modo geral em relação às outras síndromes (Batalha & Mantovani 2000, Weiser & Godoy 2001, Vieira *et al.* 2002), podendo variar de acordo com suas diferentes fisionomias e estratos da vegetação (Coutinho 2002). Oliveira & Moreira (1992) e Pinheiro & Ribeiro (2001) observaram um aumento da anemocoria dos gradientes fitofisionômicos mais fechados para os mais abertos do cerrado, já que em ambientes mais densos a vegetação impede a ação do vento. Outra característica evidenciada em trabalhos no cerrado é que espécies do estrato herbáceo-subarbustivo são em sua maioria anemo e autocóricas enquanto que no estrato arbustivo-arbóreo predominam espécies zoocóricas (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 1983, Mantovani & Martins 1988, Batalha *et al.* 1997, Batalha & Mantovani 2000, Weiser & Godoy 2001, Batalha & Martins 2004, Tannus *et al.* 2006).

Em regiões que apresentam clima marcadamente sazonal, o padrão diferenciado no período de frutificação de acordo com as síndromes de dispersão é mais evidente, e a alternância de estações seca e úmida parece ter forte influência no crescimento e reprodução das plantas (Frankie *et al.* 1974, Morellato *et al.* 1989, Morellato & Leitão-Filho 1992, van Schaik *et al.* 1993). Segundo Silberbauer-Gottsberger (2001), o ritmo de frutificação e

dispersão de sementes no cerrado parece sofrer maior influência da sazonalidade do que a floração e polinização.

A maioria dos trabalhos de fenologia para o cerrado mostra que espécies auto e anemocóricas tendem a frutificar nas épocas mais secas do ano, quando seus frutos secam liberando as sementes (Batalha & Martins 2004) além da dispersão pelo vento ser mais eficiente neste período (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 1983, Augspurger & Franson 1987). Já as espécies zoocóricas frutificam principalmente no período mais úmido, quando as condições de umidade favorecem a produção de seus frutos (Rathcke & Lacey 1985) e os mantêm atrativos por um longo período (Mantovani & Martins 1988, Oliveira & Moreira 1992, Batalha & Mantovani 2000, Lenza & Klink 2006).

Observações a respeito da fenologia da floração, frutificação e troca de folhas de plantas do cerrado e sua associação com as mudanças ambientais tem sido foco de vários estudos (Mantovani & Martins 1988, Felfili *et al.* 1999, Batalha & Mantovani 2000, Silberbauer-Gottsberger 2001, Bulhão & Figueiredo 2002, Batalha & Martins 2004, Munhoz & Felfili 2005, Leite *et al.* 2006, Lenza & Klink 2006, Tannus *et al.* 2006). Porém a maioria dos trabalhos desenvolvidos neste bioma trata de composição florística e estrutura fitossociológica (Durigan *et al.* 2002, Felfili *et al.* 2005, Batalha & Martins 2007).

Os estudos fenológicos para comunidade de plantas do cerrado são, em geral, baseados em informações de levantamentos florísticos ou ainda em exsicatas do acervo de herbários. Temos, por exemplo, os estudos realizados para a comunidade de plantas do Parque Nacional das Emas por Batalha *et al.* (1997) e Batalha & Martins (2004); no cerrado da ARIE Pé-de-Gigante, onde os autores compararam a fenologia reprodutiva das floras herbáceo-subarbustiva e arbustivo-arbórea (Batalha & Mantovani 2000); e o trabalho de Tannus *et al.* (2006) para espécies de campo limpo e campo úmido de cerrado em Itirapina, todos desenvolvidos em áreas de cerrado no interior de São Paulo. Estudos com observação direta das fenofases em indivíduos marcados em campo, como o realizado por Munhoz & Felfili (2005) para uma comunidade do estrato inferior de campo sujo de cerrado no Distrito Federal, são raros para este bioma.

Alguns trabalhos relacionam ainda a fenologia com as síndromes de dispersão de sementes das espécies estudadas (Mantovani & Martins 1988, Batalha & Mantovani 2000, Silberbauer-Gottsberger 2001, Batalha & Martins 2004, Lenza & Klink 2006, Tannus *et al.*

2006), porém, a quantificação das fenofases é rara e feita principalmente em estudos em nível populacional (Barros 2002, Bulhão & Figueiredo 2002, Freitas & Oliveira 2002, Leitão & Silva 2004, Goulart *et al.* 2005, Leite *et al.* 2006), com um único estudo em nível de comunidade, realizado por Lenza & Klink (2006) em um cerrado sentido restrito em Brasília, onde os autores estimaram a intensidade das fenofases com base na porcentagem da copa coberta por folhas, brotos foliares, flores e frutos.

#### 4. Fragmentação e efeito de borda

O bioma cerrado permaneceu relativamente preservado até a década de 1960, quando se iniciou o processo de ocupação da região com a construção da capital federal, abertura de rodovias, invasão da pecuária extensiva e a expansão da fronteira agrícola (Oliveira & Gibbs 2000, Capobianco 2002, Bach & Kelly 2004, Silva *et al.* 2006), fatores que contribuem para uma intensa fragmentação da paisagem. Atualmente restam apenas cerca de 20% de área deste bioma em estado conservado e menos de 4% da área de cerrado encontra-se protegida na forma de reservas ou parques (Capobianco 2002).

Em todo o país, mas principalmente na região sudeste, o bioma cerrado vem sofrendo um processo intenso de fragmentação. No Estado de São Paulo, devido principalmente ao estabelecimento de pastagens e à intensa exploração agrícola, com destaque à cana-de-açúcar e citricultura (Kronka 1998, Durigan *et al.* 2007), a vegetação de cerrado cobre atualmente, menos de 7% da sua área original, sendo representado apenas por fragmentos isolados (Durigan *et al.* 2003, Durigan *et al.* 2007) (Fig.3). Dentre estes fragmentos remanescentes, 53,34% são menores que 10 ha, apenas 0,46% maiores que 400ha (Kronka 1998) e menos de 10% encontram-se protegidos na forma de unidades de conservação (Cavassan 2002). Recentemente, tem-se incentivado projetos voltados para a conservação da biodiversidade do cerrado e determinação de áreas prioritárias para conservação (Dias 1990, Pivello & Coutinho 1996, Ratter *et al.* 1997, Durigan *et al.* 2003).

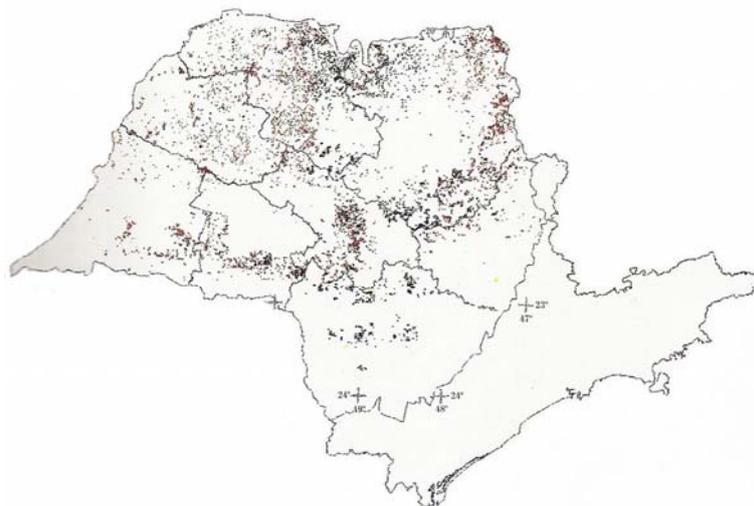


Figura 3. Mapa da distribuição das áreas remanescentes de cerrado no Estado de São Paulo. Fonte: Kronka (1998).

A fragmentação florestal é a substituição de áreas contínuas de floresta nativa por outros ecossistemas, criando um ou mais fragmentos, geralmente isolados por uma paisagem modificada e degradada (Saunders *et al.* 1991, Primack & Rodrigues 2001). Este processo traz conseqüências deletérias para a maior parte da biota nativa de um ecossistema (Primack & Rodrigues 2001), e leva ao aumento da proporção das bordas destes fragmentos (Kapos *et al.* 1997, Rodrigues & Nascimento 2006), tornando os organismos restantes sujeitos aos efeitos de borda.

O efeito de borda resulta da interação entre dois ecossistemas vizinhos, quando os dois são separados por uma transição abrupta (Murcia 1995) e provoca mudanças nas condições bióticas e abióticas originais de uma área natural (Laurance & Yensen 1991, Gehlhausen *et al.* 2000). Segundo Murcia (1995), existem três tipos de efeito de borda: (i) os efeitos abióticos que se referem às mudanças nas condições ambientais, (ii) os efeitos biológicos diretos, que incluem mudanças na abundância e distribuição das espécies de acordo com as características da borda e em suas proximidades, (iii) e os efeitos biológicos indiretos, que envolvem mudanças nas interações entre as espécies como predação, competição e polinização e dispersão biótica.

O estabelecimento de bordas pode levar a alterações na composição de espécies da borda em relação ao interior de um fragmento (McDonald & Urban 2006, Nascimento & Laurance 2006), já que as condições de borda podem levar à perda de espécies originalmente presentes no ambiente contínuo (Saunders *et al.* 1991) e de indivíduos que dominavam a paisagem, gerando oportunidade para o crescimento de outros indivíduos, jovens ou propágulos, e favorecer a entrada de espécies associadas a estágios sucessionais menos avançados (Rodrigues & Nascimento 2006). O efeito de borda pode ainda afetar interações entre plantas e animais, como herbivoria (Benitez-Malvido *et al.* 1999, Urbas *et al.* 2007, Wirth *et al.* 2007), polinização e, conseqüentemente, o sucesso reprodutivo das plantas (Aizen & Feinsinger 1994, Burgess *et al.* 2006, Ramos & Santos 2006), e a frugivoria e dispersão de sementes (Cadenasso & Pickett 2001, Guariguata *et al.* 2002, Galetti *et al.* 2003a, Bach & Kelly 2004, Cramer *et al.* 2007). Alterações nos padrões de dispersão de sementes podem levar à alterações no recrutamento das plantas (Rodríguez-Cabal *et al.* 2007) e contribuir para mudanças na composição de espécies de plantas na borda de um fragmento (Gehlhausen *et al.* 2000).

A intensidade do efeito de borda pode ser medida através da distância, a partir da borda, que os efeitos atuam em direção ao interior do fragmento (Murcia 1995). Porém não é consenso entre os pesquisadores qual é a área de influência do efeito de borda, já que este varia conforme as características da área de estudo (Zheng & Chen 2000, Cancino 2005, Harper *et al.* 2005). Turton e Freiburger (1997) sugerem que as características da borda, como estrutura da vegetação e orientação da borda, condicionam de forma mais direta a intensidade dos efeitos de borda do que a distância deste ambiente.

As alterações decorrentes do efeito de borda como o aumento da temperatura e incidência de luz, maior influência de ventos e a diminuição da umidade relativa nas bordas em relação ao interior do fragmento (Kapos *et al.* 1997, Saunders *et al.* 1999), podem ainda afetar o comportamento fenológico da comunidade de um fragmento (Restrepo *et al.* 1999, Landenberger & Ostergren 2002) e conseqüentemente alterar os períodos de frutificação e a produção de frutos.

Para áreas de cerrado pouco se sabe a respeito da influência da borda nas comunidades vegetais. Pivello *et al.* (1999a), estudaram a distribuição de gramíneas nativas e exóticas, a partir da borda, em direção ao centro de áreas de campo cerrado e cerrado *sensu stricto*,

porém não encontrou diferenças no gradiente de distribuição, nem uma relação direta entre a presença destas gramíneas e áreas de borda. Christianini (2007), em uma área de cerrado no interior do Estado de São Paulo, observou efeito negativo no recrutamento de *Erythroxylum pelleterianum* com maior remoção de diásporos na borda, mas por espécies de formiga menos eficientes, e não houve maior produção ou germinação de sementes na borda. Dentre os trabalhos que relacionam efeito de borda com a fenologia e reprodução das plantas, Athayde (2007) avaliou a influência da borda e do isolamento dos indivíduos na fenologia e sucesso reprodutivo da população de *Anadenanthera falcata* de um fragmento de cerrado *sensu stricto* e Quevedo (2007) comparou a fenologia e sucesso reprodutivo de indivíduos de duas espécies de palmeiras na borda e no interior do mesmo fragmento de cerrado *sensu stricto*. Nos dois trabalhos não ficou evidente a influência da borda nos parâmetros estudados.

Estudos a respeito da influência da borda na fenologia de plantas do cerrado são escassos e inexistem avaliações destes efeitos na proporção das síndromes de dispersão e produção de frutos de comunidades vegetais deste bioma. Trabalhos que quantifiquem a produção de frutos de diferentes síndromes de dispersão e estudem a disponibilidade de recursos em áreas de cerrado também são inexistentes. Assim sendo, este trabalho tem como objetivo (i) caracterizar a comunidade vegetal de uma área de cerrado *sensu stricto* quanto ao padrão de frutificação e quantidade de frutos produzidos por área e síndromes de dispersão de sementes; e (ii) analisar a influência da borda no padrão de frutificação, na produção de frutos e na proporção de espécies por síndrome de dispersão, gerando informações que permitam a comparação da frutificação da área de estudo com outras áreas de Cerrado, assim como entender um pouco da influência da borda neste bioma.

#### Perguntas a serem respondidas:

1) Qual a proporção de espécies e indivíduos em cada síndrome de dispersão? Esta proporção varia entre ambientes borda e interior?

Espera-se que na borda, onde a umidade relativa é mais baixa, a vegetação é menos densa e existe maior influência do vento (Murcia 1995, Kapos *et al.* 1997, Saunders *et al.* 1999), predomine a auto e a anemocoria, enquanto no interior, predomine a zoocoria (Oliveira & Moreira 1992, Pinheiro & Ribeiro 2001).

2) O padrão de frutificação difere entre os indivíduos de diferentes síndrome de dispersão e entre ambientes de borda e interior da área de estudo?

A variação no padrão de frutificação entre as síndromes é esperada, pois plantas com diferentes síndromes de dispersão tendem a frutificar e dispersar suas sementes em diferentes épocas do ano, principalmente de acordo com as variações nas condições do clima (Rathcke & Lacey 1985, Augspurger & Franson 1987).

Devido à maior incidência de luz na borda e uma menor variação desta condição ao longo do ano, espera-se que ocorram alterações no padrão de frutificação dos indivíduos da borda em relação ao interior, com um período de frutificação mais longo e menos sazonal, além de menor sincronia entre os indivíduos.

3) A produção de frutos, em quantidade e biomassa na comunidade, varia de acordo com as síndromes de dispersão e entre ambientes de borda e interior do cerrado *sensu stricto*?

Devido à maior incidência de luz, maior produção de flores ou inflorescências (Landenberger & Ostergren 2002) e alterações na taxa de visitação por polinizadores na borda em relação ao interior (Aizen & Feinsinger 1994, Burgess *et al.* 2006), espera-se que ocorram diferenças na produção de frutos entre borda e interior.

No primeiro capítulo apresentamos a proporção de espécies e indivíduos por síndrome de dispersão e o padrão e quantificação da produção de frutos na comunidade estudada, de acordo com as síndromes de dispersão de sementes. No segundo capítulo analisamos os mesmos parâmetros abordados no primeiro capítulo, mas em menor escala, considerando diferentes ambientes da área de estudo, procurando verificar se existe variação entre ambientes de borda e interior, com diferentes orientações, quanto aos parâmetros estudados.

## 5. Referências bibliográficas

AB'SÁBER, A.N. 2003. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. Ateliê Editorial, São Paulo, p.159.

- AIZEN, M.A. & FEINSINGER, P. 1994. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco Dry Forest, Argentina. *Ecology* 75:330-351.
- ATHAYDE, E.A. 2007. Influência da borda e do isolamento na fenológica e no sucesso reprodutivo de *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. (Fabaceae) em uma região de cerrado stricto sensu, Itirapina, São Paulo. 41f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- AUGSPURGER, C.K. & FRANSON, S.E. 1987. Wind dispersal of artificial fruits varying in mass, area, and morphology. *Ecology* 68:27-42.
- BACH, C.E. & KELLY, D. 2004. Effects of forest edges on herbivory in a New Zealand mistletoe, *Alepis flavida*. *New Zealand Journal of Ecology* 28:195-205.
- BARROS, M.A.G. 2002. Floração sincrônica e sistemas reprodutivos em quatro espécies de *Kielmeyera* Mart. (Guttiferae). *Acta Botanica Brasilica* 16:113-122.
- BATALHA, M.A., ARAGAKI, S. & MANTOVANI, W. 1997. Variações fenológicas das espécies do cerrado em Emas (Pirassununga, SP). *Acta Botanica Brasilica* 11:61-78.
- BATALHA, M.A. & MANTOVANI, W. 2000. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pe-de-Gigante reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. *Revista Brasileira de Biologia* 60:129-145.
- BATALHA, M.A. & MARTINS, F.R. 2004. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). *Australian Journal of Botany* 52:149-161.
- BATALHA, M.A. & MARTINS, F.R. 2007. The vascular flora of the cerrado in Emas National Park (Central Brazil): a savanna flora summarized. *Brazilian archives of biology and technology* 50:269-277.
- BENITEZ-MALVIDO, J., GARCÍA-GUZMÁN, G. & KOSSMANN-FERRAZ, I.D. 1999. Leaf-fungal incidence and herbivory on tree seedlings in tropical rainforest fragments: an experimental study. *Biological Conservation* 91:143-150.

- BLAKE, J.G., LOISELLE, B.A., MOERMOND, T.C., LEVEY, D.J. & DENSLOW, J.S. 1990. Quantifying abundance of fruits for birds in tropical habitats. *Studies in Avian Biology* 13:73-79.
- BORGMANN, K.L., PEARSON, S.F., LEVEY, D.J. & GREENBERG, C.H. 2004. Wintering yellow-rumped warblers (*Dendroica coronata*) track manipulated abundance of *Myrica cerifera* fruits. *The auk* 121:74-87.
- 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* 25:361-369.
- BURGESS, V.J., KELLY, D., ROBERTSON, A.W. & LADLEY, J.J. 2006. Positive effects of forest edges on plant reproduction: literature review and a case study of bee visitation to flowers of *Peraxilla tetrapetala* (Loranthaceae). *New Zealand Journal of Ecology* 30:179-190.
- CADENASSO, M.L. & PICKETT, S.T.A. 2001. Effect of edge structure on the flux of species into forest interiors. *Conservation Biology* 15:91-97.
- CANCINO, J. 2005. Modelling the edge effect in even-aged Monterey pine (*Pinus radiata* D. Don) stands. *Forest Ecology and Management* 210:159-172.
- CAPOBIANCO, J.P.R. 2002. Artigo-base sobre os biomas brasileiros. *In* Meio ambiente Brasil: avanços e obstáculos pós-Rio-92 (A. Camargo, J.P.R. Capobianco & J.P.A. Oliveira, orgs.). Estação Liberdade, Instituto Sócio Ambiental, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo/ Rio de Janeiro, p.117-156
- CASTRO, E.R., GALETTI, M. & MORELLATO, L.P.C. 2007. Reproductive phenology of *Euterpe edulis* (Arecaceae) along a gradient in the Atlantic rainforest of Brazil. *Australian Journal of Botany* 55:725–735.
- CAVASSAN, O. 2002. O cerrado do Estado de São Paulo. *In* Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois (A.L. Klein, org.). Editora Unesp/ Imprensa Oficial do Estado, São Paulo, p.93-106

- CHAPMAN, C.A., CHAPMAN, L.J., WANGHAM, R., HUNT, K., GEBO, D. & GARDNER, L. 1992. Estimators of Fruit Abundance of Tropical Trees. *Biotropica* 24:527-531.
- CHAPMAN, C.A., R.W., W., CHAPMAN, L.J., KENNARD, D.K. & ZANNE, A.E. 1999. Fruit and flower phenology at two sites in Kibale National Park, Uganda. *Journal of Tropical Ecology* 15:189-211.
- CHAVES-CAMPOS, J. 2004. Elevational movements of large frugivorous birds and temporal variation in abundance of fruits along an elevational gradient. *Ornitologia Neotropical* 15:433-445.
- CHRISTIANINI, A.V. 2007. Interações entre formigas, frutos e sementes em solo de cerrado: o papel de formigas na biologia de sementes e plântulas. 203f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas.
- COUTINHO, L.M. 1978. O conceito do cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1:17-23.
- COUTINHO, L.M. 1982. Ecological effects of fire in Brazilian cerrado. *Ecological Studies* 42:273-291.
- COUTINHO, L.M. 2002. O Bioma Cerrado. *In* Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois (A.L. Klein, org.). Editora UNESP, Imprensa Oficial do Estado, São Paulo, p.77-91
- COUTINHO, L.M. 2005. < [http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos\\_area.htm](http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos_area.htm)> acesso em 27 de julho de 2005:
- COUTINHO, L.M. 2006. O conceito de bioma. *Acta Botanica Brasilica* 20:13-23.
- CRAMER, J.M., MESQUITA, R.C.G., BENTOS, T.V., MOSER, B. & WILLIAMSON, G.B. 2007. Forest fragmentation reduces seed dispersal of *Duckeodendron cestroides*, a Central Amazon endemic *Biotropica* 39:709-718.
- DEVELEY, P.F. & PERES, C.A. 2000. Resource seasonality and the structure of mixed species bird flocks in a coastal Atlantic forest of southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 16:33-53.

- DIAS, B.F.S. 1990. A conservação da natureza no cerrado brasileiro. *In* Cerrado: características, ocupação e perspectivas (M. Novaes-Pinto, ed.). UNB, Brasília, p.583-640
- DURIGAN, G., NISHIKAWA, D.L.L., ROCHA, E., SILVEIRA, E.R., PULITANO, F.M., REGALADO, L.B., CARVALHAES, M.A., PARANAGUÁ, P.A. & RANIERI, V.E.L. 2002. Caracterização de dois estratos da vegetação em uma área de cerrado no município de Brotas, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 16:251-262.
- DURIGAN, G., SIQUEIRA, M.F., FRANCO, G.A.D.C., BRIDGEWATER, S. & RATTER, J.A. 2003. The vegetation of priority areas for cerrado conservation in São Paulo State, Brazil. *Edinburgh Journal of Botany* 60:217-241.
- DURIGAN, G., SIQUEIRA, M.F. & FRANCO, G.A.D.C. 2007. Threats to the cerrado remnants of the state of São Paulo, Brazil. *Scientia Agricola* 64:355-363.
- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review* 38:201-341.
- FELFILI, J.M., SILVA JR., M.C., DIAS, B.J. & REZENDE, A.V. 1999. Estudo fenológico de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville no cerrado sensu stricto da Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 22:83-90.
- FELFILI, J.M., SILVA JR., M.C., SEVILHA, A.C., FAGG, C.W., WALTER, B.M.T., NOGUEIRA, P.E. & REZENDE, A.V. 2005. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil *Plant Ecology* 175:37-46.
- FERRI, M.G. 1977. Ecologia dos cerrados. *In* IV Simpósio sobre o cerrado: bases para a utilização agropecuária. (M.G. Ferri, coord.). Edusp, São Paulo, p.15-36
- FRANKIE, G.W., BAKER, H.G. & OPLER, P.A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 62:881-919.
- FREITAS, C.V. & OLIVEIRA, P.E. 2002. Biologia reprodutiva de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Botânica* 25:311-321.
- FURLEY, P.A. 1999. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. *Global Ecology and Biogeography* 8:223-241.

- GALETTI, M., ALVES-COSTA, C.P. & CAZETTA, E. 2003a. Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithocoric fruits. *Biological Conservation* 111:269-273.
- GALETTI, M., PIZO, M.A. & MORELLATO, P.C. 2003b. Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. *In Métodos de estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre* (L. Cullen Jr., R. Rudran & C. Valadares-Pádua, orgs.). Ed. da UFPR/Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, Curitiba, p.395-422
- GANESH, T. & DAVIDAR, P. 1999. Fruit biomass and relative abundance of frugivores in a rain forest of southern Western Ghats, India. *Journal of Tropical Ecology* 15:399-413.
- GEHLHAUSEN, S.M., SCHWARTZ, M.W. & AUGSPURGER, C.K. 2000. Vegetation and microclimatic edge effects in two mixed-mesophytic forest fragments. *Plant Ecology* 147:21-35.
- GOODLAND, R.J.A. 1979. Análise ecológica da vegetação do cerrado. *In Ecologia do cerrado* (R.J.A. Goodland & M.G. Ferri, eds). Itatiaia/EDUSP, Belo horizonte/São Paulo, p.61-162
- GOTTSBERGER, G. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 1983. Dispersal and distribution in the cerrado vegetation of Brazil. *Sonderbd. naturwiss. Ver. Hamburg* 7:315-352.
- GOULART, M.F., LEMOS, J.P. & LOVATO, M.B. 2005. Phenological variation within and among populations of *Plathymenia reticulata* in Brazilian Cerrado, the Atlantic Forest and transitional sites. *Annals of Botany* 96:445-455.
- GUARIGUATA, M.R., CLAIRE, H.A. & JONES, G. 2002. Tree seed fate in a logged and fragmented forest landscape, Northeastern Costa Rica. *Biotropica* 34:405-415.
- HARPER, K.A., MACDONALD, S.E., BURTON, P.J., CHEN, J., BROSOFSKE, K.D., SAUNDERS, S.C., EUSKIRCHEN, E.S., ROBERTS, D., JAITEH, M.S. & ESSEEN, P. 2005. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology* 19:768-782.
- HOWE, H.F. & WESTLEY, L.C. 1989. Ecology of pollination and seed dispersal. *In Plant Ecology* (M.J. Crawley, ed.). Blackwell Scientific, London, p.185-215

- JANSON, C.H. 1983. Adaptation of Fruit Morphology to Dispersal Agents in a Neotropical Forest. *Science* 219:187-189.
- JORDANO, P. 2000. Fruits and frugivory. *In* Seeds: the ecology of regeneration in plant communities (M. Fenner, ed.). CABI Publ., Wallingford, p.125-166
- JORDANO, P., GALETTI, M., PIZO, M.A. & SILVA, W.R. 2006. Ligando frugivoria e dispersão de sementes à Biologia da Conservação. *In* Biologia da Conservação: essências (C.D.F. Rocha, H.G. Bergallo, M.A.S. Alves & M. Van Sluys, eds.). Rima Editora, São Carlos, p.411-436
- KAPOS, V., WANDELLI, E., CAMARGO, J.L. & GANADE, G. 1997. Edge-related changes in environmental and plant responses due to forest fragmentation in Central Amazonia. *In* Tropical forest remnants (W.F. Laurance & R.O. Bierregaard, eds.). Chicago University Press, Chicago, p.33-44
- KIMURA, K., YUMOTO, T. & KIKUZAWA, K. 2001. Fruiting phenology of fleshy-fruited plants and seasonal dynamics of frugivorous birds in four vegetation zones on Mt. Kinabalu, Borneo. *Journal of Tropical Ecology* 17:833-858.
- KLINK, C.A. & MACHADO, R.B. 2005. Conservation of the brazilian cerrado. *Conservation Biology* 19:707-713.
- KRONKA, F.J.N. 1998. Áreas de domínio do cerrado no Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, p.98.
- KWIT, C., LEVEY, D.J., GREENBERG, C.H., PEARSON, S.F., MCCARTY, J.P., SARGENT, S. & MUMME, R.L. 2004. Fruit abundance and local distribution of wintering hermit thrushes (*Catharus guttatus*) and yellow-rumped warblers (*Dendroica coronata*) in South Carolina. *The auk* 121:46-57.
- LANDENBERGER, R.E. & OSTERGREN, D.A. 2002. *Eupatorium rugosum* (Asteraceae) flowering as an indicator of edge effect from clearcutting in mixed-mesophytic forest. *Forest Ecology and Management* 155:55-68.
- LAURANCE, W.F. & YENSEN, E. 1991. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. *Biodiversity and Conservation* 55:77-92.

- LEITÃO, A.C. & SILVA, O.A. 2004. Variação sazonal de macronutrientes em uma espécie arbórea de cerrado, na Reserva Biológica e Estação Experimental de Mogi-Guaçu, estado de São Paulo, Brasil. *Rodriguésia* 55:127-136.
- LEITE, G.L.D., VON DOS S. VELOSO, R., 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.
- LENZA, E. & KLINK, C.A. 2006. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 29:627-638.
- LEVINE, J.M. & MURRELL, D.J. 2003. The community-level consequences of seed dispersal patterns. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34:549-574.
- LIETH, H. 1974. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. *In* Phenology and seasonality modeling (H. Lieth). Berlin-Springer-Verlag, New York, p.3-19
- LOISELLE, B.A. & BLAKE, J.G. 1991. Temporal Variation in Birds and Fruits Along an Elevational Gradient in Costa Rica *Ecology* 72:180-193.
- LOISELLE, B.A. & BLAKE, J.G. 1993. Spatial distribution of understory fruit-eating birds and fruiting plants in a neotropical lowland wet forest *Plant Ecology* 107/108:177-189.
- MALIZIA, L.R. 2001. Seasonal fluctuations of birds, fruits, and flowers in a subtropical forest of Argentina. *Condor* 103:45-61.
- MANTOVANI, W. & MARTINS, F.R. 1988. Variações fenológicas das espécies do cerrado da reserva biológica de Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 11:101-112.
- MCDONALD, R.I. & URBAN, D.L. 2006. Edge effects on species composition and exotic species abundance in the North Carolina Piedmont. *Biological Invasions* 8:1049-1060.
- MORELLATO, L.P.C., RODRIGUES, R.R., LEITÃO-FILHO, H.F. & JOLY, A.C. 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 12:85-98.

- MORELLATO, L.P.C. & LEITÃO-FILHO, H.F. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia* 50:163-173.
- MORELLATO, L.P.C. & LEITÃO-FILHO, H.F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. *In* História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil (L.P.C. Morellato, org.). Editora da Unicamp - FAPESP, Campinas, p.112-140
- MUNHOZ, C.B.R. & FELFILI, J.M. 2005. Fenologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma comunidade de campo sujo na Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19:979-988.
- MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10:58-62.
- NASCIMENTO, H.E.M. & LAURANCE, W.F. 2006. Area and edge effects on forest structure in Amazonian forest fragments after 13-17 years of isolation. *Acta Amazonica* 36:183-192.
- NATHAN, R. & MULLER-LANDAU, H.C. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment *Trends in Ecology and Evolution* 15:278-285.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & RATTER, J.A. 2002. Vegetation physionomies and woody flora of the cerrado biome. *In* The cerrados of Brazil : ecology and natural history of a neotropical savanna (P.S. Oliveira & R.J.e. Marquis). Columbia University Press, New York, p.91-120
- OLIVEIRA, P.E. 1998. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de cerrado. *In* Cerrado: ambiente e flora (S.M. Sano & S.P.d. Almeida, eds.). Embrapa/ CPAC, Planaltina, p.169-192
- OLIVEIRA, P.E. & GIBBS, P.E. 2000. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. *Flora* 195:311-329.
- OLIVEIRA, P.E.A.M. & MOREIRA, A.G. 1992. Anemocoria em espécies de cerrado e mata de galeria de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 15:163-174.

- OLIVEIRA, P.E.A.M.D. & SAZIMA, M. 1990. Pollination biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) from Brazilian Cerrado vegetation. *Plant Systematics and Evolution* 172:35-49.
- PAISE, G. & VIEIRA, E.M. 2005. Produção de frutos e distribuição espacial de angiospermas com frutos zoocóricos em uma Floresta Ombrófila Mista no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 28:615-625.
- PARRADO-ROSSELLI, A. 2005. Fruit availability and seed dispersal in terra firme rain forests of Colombian Amazonia. 164f. Tese (PhD) - University of Amsterdam.
- PARRADO-ROSSELLI, A., MACHADO, J.L. & PRIETO-LOPEZ, T. 2006. Comparison between two methods for measuring fruit production in a tropical forest. *Biotropica* 38:267-271.
- PERES, C.A. 1994. Composition, density, and fruiting phenology of arborescent palms in an Amazonian Terra-Firme Forest. *Biotropica* 26:285-294.
- PIJL, L.V.D. 1982. Principles of dispersal in higher plants. Springer-Verlag, Berlin,
- PINHEIRO, F. & RIBEIRO, J.F. 2001. Síndromes de dispersão de sementes em matas de galeria do Distrito Federal. *In* Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria (J.F. Ribeiro, C.E.L. Fonseca & J.C. SOUSA-SILVA, eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p.335-375
- PIVELLO, V.R. & COUTINHO, L.M. 1996. A qualitative successional model to assist in the management of Brazilian cerrados. *Forest Ecology and Management* 87:127-138.
- PIVELLO, V.R., CARVALHO, V.M.C., LOPES, P.F., PECCININI, A.A. & ROSSO, S. 1999a. Abundance and distribution of native and alien grasses in a Cerrado (Brazilian Savanna) biological reserve. *Biotropica* 31:71-82.
- PIVELLO, V.R., SHIDA, C.N. & MEIRELLES, S.T. 1999b. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the biodiversity. *Biodiversity and Conservation* 8:1281-1294.
- PRIMACK, R.B. & RODRIGUES, E. 2001. *Biologia da conservação*. E. Rodrigues, Londrina,

- QUEVEDO, A.E.A. 2007. Reproductive phenology and fruit set of *Attalea geraensis* and *Syagrus petraea* (Arecaceae) on the edge and interior of a cerrado fragment. 35f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- RAGUSA-NETTO, J. 2006. Abundance and frugivory of the toco toucan (*Ramphastos toco*) in a gallery forest in Brazil's southern Pantanal. *Brazilian Journal of Biology* 66:133-142.
- RAMOS, F.N. & SANTOS, F.A.M. 2006. Floral visitors and pollination of *Psychotria tenuinervis* (Rubiaceae): distance from the anthropogenic and natural edges of an Atlantic Forest fragment. *Biotropica* 38:383-389.
- RATHCKE, B. & LACEY, E.P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16:179-214.
- RATTER, J.A., RIBEIRO, J.F. & BRIDGEWATER, S. 1997. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80:223-230.
- RESTREPO, C., GOMEZ, N. & HEREDIA, S. 1999. Anthropogenic edges, treefall gaps, and fruit-frugivore interactions in a Neotropical Montane Forest. *Ecology* 80:668-685.
- REYS, P., GALETTI, M., MORELLATO, L.P.C. & SABINO, J. 2005. Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em mata ciliar no rio Formoso, Mato Grosso do Sul. *Biota Neotropica* 5:309-318.
- RODRIGUES, P.J.F.P. & NASCIMENTO, M.T. 2006. Fragmentação florestas: breves considerações teóricas sobre efeitos de borda. *Rodriguésia* 57:63-74.
- RODRÍGUEZ-CABAL, M.A., AIZEN, M.A. & NOVARO, A.J. 2007. Habitat fragmentation disrupts a plant-disperser mutualism in the temperate forest of South America *Biological Conservation* 139:195-202.
- SARMIENTO, G. & MONASTERIO, M. 1983. Life forms and phenology. *In* *Ecosystems of the world. Tropical savannas* (F. Bourliere, ed.). Elsevier Science, Amsterdam, p.79-108
- SAUNDERS, D.A., HOBBS, R.J. & MARGULES, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5:18-32.

- SAUNDERS, S.C., CHEN, J., DRUMMER, T.D. & CROW, T.R. 1999. Modeling temperature gradients across edges over time in a managed landscape. *Forest Ecology and Management* 117:17-31.
- SCHUPP, E.W. 1990. Annual Variation in Seedfall, Postdispersal Predation, and Recruitment of a Neotropical Tree. *Ecology* 71:504-515.
- SCHUPP, E.W. 1993. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals *Plant Ecology* 107/108:15-29.
- SCHUPP, E.W., MILLERON, T. & RUSSO, S. 2002. Dissemination limitation and the origin and maintenance of species-rich tropical forests. *In* Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation (D.J. LEVEY, W.R. SILVA & M. GALLETI, eds.). CABI Publishing, New York, p.19-33
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 2001. A hectare of cerrado. II. Flowering and fruiting of thick-stemmed woody species. *Phyton-Annales Rei Botanicae* 41:129-158.
- SILVA, J.F., FARIÑAS, M.R., FELFILI, J.M. & KLINK, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. *Journal of Biogeography* 33:536-548.
- SMYTHE, N. 1970. Relationships between fruiting seasons and seed dispersal methods in a neotropical forest. *The American Naturalist* 104:25-35.
- STEVENSON, P.R. 2001. The relationship between fruit production and primate abundance in Neotropical communities. *Biological Journal of the Linnean Society* 72:161-178.
- TAKANOSE, Y. & KAMITANI, T. 2003. Fruiting of fleshy-fruited plants and abundance of frugivorous birds: Phenological correspondence in a temperate forest in central Japan. *Ornithological Science* 2:25-32.
- TANNUS, J.L.S., ASSIS, M.A. & MORELLATO, L.P. 2006. Reproductive phenology in dry and wet grassland in an area of Cerrado at Southeastern Brazil, Itirapina - SP. *Biota Neotropica* 6:
- THÉRY, M., STEVENS, A.D., HOPPE, J.R., CHARLES-DOMINIQUE, P. & SCHUCHMANN, K.L. 1998. Angiosperm pollination and seed dispersal, a review. *Ecotropica* 4:69-91.

- TURTON, S.M. & FREIBURGER, H.J. 1997. Edge and aspect effects in the microclimate of a small Tropical Forest remnant on the Atherton Tableland, Northeastern Australia. *In* Tropical forest remnants (W.F. Laurance & R.O. Bierregaard, eds.). Chicago University Press, Chicago, p.33-44
- URBAS, P., ARAÚJO JR., M.V., LEAL, I.R. & WIRTH, R. 2007. Cutting more from cut forests: edge effects on foraging and herbivory of leaf-cutting ants in Brazil. *Biotropica* 39:489-495.
- VAN SCHAIK, C.P., TERBORGH, J.W. & WRIGHT, S.J. 1993. The phenology of Tropical Forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24:353-377.
- VIEIRA, D.L.M., AQUINO, F.G., BRITO, M.A., FERNANDES-BULHÃO, C. & HENRIQUES, R.P.B. 2002. Síndromes de dispersão de espécies arbustivo-arbóreas em cerrado sensu stricto do Brasil Central e savanas amazônicas. *Revista Brasileira de Botânica* 25:215-220.
- WEISER, V.D.L. & GODOY, S.A.P.D. 2001. Florística em um hectare de cerrado stricto sensu na ARIE - cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. *Acta Botanica Brasilica* 15:201-212.
- WIKANDER, T. 1984. Mecanismos de dispersion de diasporas de una selva decidua en Venezuela *Biotropica* 16:276-283.
- WILLSON, M.F. 2000. The ecology of seed dispersal. *In* *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* (M. Fenner, (ed.)). CAB International, Wallingford,
- WIRTH, R., MEYER, S.T., LEAL, I.R. & TABARELLI, M. 2007. Plant herbivore interactions at the forest edge *Progress in Botany* 69:423-448.
- ZHANG, S.Y. & WANG, L.X. 1995. Comparison of three fruit census methods in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 11:281-294.
- ZHENG, D. & CHEN, J. 2000. Edge effects in fragmented landscapes: a generic model for delineating area of edge influences (D-AEI). *Ecological Modelling* 132:175-190.

## Capítulo 1

### **Padrões de frutificação e produção de frutos por síndromes de dispersão de sementes em uma comunidade arbustivo-arbórea de cerrado *sensu stricto* no sudeste do Brasil<sup>1</sup>**

MARIA GABRIELA GUTIERREZ DE CAMARGO<sup>2,3</sup> & L. PATRÍCIA C. MORELLATO<sup>2</sup>

Título resumido: Padrão de frutificação de uma comunidade arbustivo-arbórea de cerrado *sensu stricto*

---

1. Manuscrito seguindo as normas da Revista Brasileira de Botânica

2. Grupo de Fenologia e Dispersão de Sementes da UNESP/Rio Claro. Laboratório de Fenologia, Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Unesp - Rio Claro/SP. IB, Av. 24 A, 1515 Bela Vista, Rio Claro – SP, Brasil. CEP. 13506-900.

3. Autor para correspondência: gabicamargo@yahoo.com

**ABSTRACT** – (Fruiting patterns and fruit production of the shrub and tree community at a cerrado *sensu stricto* according to dispersal syndromes) Phenological studies of cerradão vegetation usually use qualitative data and little is known about the real resource availability and fruit production of plants within this biome. The present study aimed to describe and quantify the patterns of fruit production (fruit number and biomass) among fruit dispersal syndromes of the wood community of a cerrado *sensu stricto*. We carried out phenological observations, counting the number of unripe and ripe fruits per individual and estimate fruit biomass from January 2006 to May 2007, fortnightly in the first 14 months and monthly in the last three months. Zoochory was the predominant syndrome, both on individual and species, agreeing with other cerrado studies. The total annual fruit production was 2,144,652 of immature fruits and 439,781 mature fruits and the total annual biomass of mature fruit was 24.2 g/m<sup>2</sup>. The largest contributions were number of immature zoochorous fruits (1,915,100 fruits) and mature anemochorous fruits (309,114), and biomass of mature zoochorous fruits (23.8 g/m<sup>2</sup>). Zoochorous individuals presented the largest loss of mature fruits in relation to the quantity of immature fruits produced. Fruiting was seasonal, predominantly in the wet season for the zoochorous fruits and on the dry or the end of the wet seasons for the anemo and autochorous, coinciding with patterns found for other cerrado areas. Detailed data about fruit production over time are fundamental and, additional to qualitative data on fruiting, allow us to understand reproductive investments of the different dispersal syndromes and plant species, as well as the contribution and availability of fruits to frugivores and seed dispersers.

**Key words:** biomass, cerrado, dispersal syndromes, fruit production, fruit phenology

**RESUMO** – (Padrões de frutificação e produção de frutos por síndromes de dispersão de sementes em uma comunidade arbustivo-arbórea de cerrado *sensu stricto* no sudeste do Brasil) Estudos fenológicos das plantas do cerrado geralmente utilizam dados qualitativos e pouco se sabe a respeito da real oferta de recursos e produção de propágulos das plantas deste bioma. Este estudo teve como objetivo descrever os padrões e quantificar a produção de frutos (em número e biomassa), das diferentes síndromes de dispersão de sementes das espécies da comunidade arbustivo-arbórea de um cerrado *sensu stricto*. Foram feitas observações fenológicas, contagem de frutos imaturos e maduros por indivíduos e estimada a biomassa de frutos maduros, a partir de janeiro de 2006, quinzenalmente durante 14 meses e mensalmente nos últimos três meses. A zoocoria foi a síndrome predominante, tanto em proporção de indivíduos como de espécies, concordando com outros estudos realizados no cerrado. A produção total anual foi de 2.144.652 frutos imaturos, 439.781 frutos maduros e biomassa total de frutos maduros de 24,2 g/m<sup>2</sup>. As maiores contribuições foram em número frutos imaturos zoocóricos (1.915.100 frutos) e maduros anemocóricos (309.114 frutos) e em biomassa de frutos maduros zoocóricos (23,8 g/m<sup>2</sup>). Indivíduos zoocóricos apresentaram a maior perda de frutos maduros em relação à quantidade de frutos imaturos produzidos. A frutificação foi sazonal, predominando na estação úmida para os frutos zoocóricos e na seca ou final da úmida para os anemocóricos e autocóricos, coincidindo com o padrão encontrado para outras áreas de cerrado. Dados mais detalhados a respeito da produção de frutos ao longo do tempo mostraram-se fundamentais e complementares a dados qualitativos da frutificação, permitindo entender o investimento reprodutivo das diferentes síndromes e espécies de plantas, assim como a contribuição destas na disponibilidade de frutos para frugívoros e dispersores de sementes.

Palavras-chave: biomassa, cerrado, fenologia, produção de frutos, síndromes de dispersão de sementes

## INTRODUÇÃO

A produção de propágulos, como frutos e sementes, é fundamental no ciclo de vida das plantas, podendo determinar a qualidade da dispersão dos propágulos e o recrutamento de novos indivíduos (Schupp 1990, 1993, Schupp *et al.* 2002), além influenciar na sobrevivência e permanência da fauna em uma área, preservando também as interações planta-animal (van Schaik *et al.* 1993, Jordano 2000).

O padrão de frutificação de espécies em uma determinada área evidencia a época, disponibilidade temporal e diversidade de oferecimento deste recurso, e indica os fatores condicionantes, bióticos ou abióticos, deste padrão. A frutificação de comunidades de plantas é abordada em diversos estudos fenológicos que incluem ainda outras fenofases, como floração e queda de folhas, e associam estes padrões a fatores climáticos (Rathcke & Lacey 1985, Borchert 1994, Morellato *et al.* 2000, Bach 2002, Brearley *et al.* 2007). Trabalhos que tenham como foco apenas fenofases reprodutivas, voltam-se principalmente para a floração (Frankie *et al.* 1974, Newstrom *et al.* 1994, Fenner 1998, Bawa *et al.* 2003, Borchert *et al.* 2005, Sakai *et al.* 2006), sendo a frutificação geralmente estudada em espécies zoocóricas, com o objetivo de relacionar os padrões de frutificação com a presença de frugívoros e dispersores (Eriksson & Ehrlen 1998, Fenner 1998, Sakai 2001, Kominami *et al.* 2003, Worman & Chapman 2005, Koike *et al.* 2008)

Em regiões onde não ocorre clima sazonal, como em algumas florestas tropicais úmidas, a frutificação das plantas apresenta fraca ou nenhuma sazonalidade (Opler *et al.* 1980, Morellato *et al.* 2000, Talora & Morellato 2000, Paise & Vieira 2005), podendo ser observado padrão sazonal em determinadas vegetações ou para algumas espécies (Corlett 1990, Bollen & Donati 2005, Castro *et al.* 2007a). Por outro lado, a sazonalidade pode ter forte influência no padrão de frutificação de espécies sujeitas a um clima estacional, com estações seca e úmida bem definidas (Frankie *et al.* 1974, Morellato *et al.* 1989, Morellato & Leitão-Filho 1992, van Schaik *et al.* 1993). Espécies com diferentes síndromes de dispersão de sementes tendem a frutificar de forma mais intensa nas estações do ano mais favoráveis à dispersão de suas sementes (Primack 1987, Fenner 1998). Este

padrão sazonal de frutificação pode ser observado, por exemplo, em vegetações sob clima temperado (Fenner 1998, Jordano 2000), assim como em florestas tropicais sazonais, como as florestas secas (Opler *et al.* 1980, Borchert 1994, Machado *et al.* 1997, Griz & Machado 2001, Selwyn & Parthasarathy 2006), florestas semi-decíduas (Morellato & Leitão-Filho 1992, Morellato & Leitão-Filho 1996, Frenedozo 2004) e vegetações savânicas (Devineau 1999, Williams *et al.* 1999, Okullo *et al.* 2004, Mduma *et al.* 2007), inclusive no cerrado brasileiro (Batalha & Martins 2004, Lenza & Klink 2006, Tannus *et al.* 2006).

O cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, sendo a savana mais rica do mundo (Capobianco 2002) e atualmente é considerado um *hotspot* de biodiversidade (Klink & Machado 2005). Sua vegetação apresenta dois tipos florísticos: um herbáceo-subarbusivo e outro arbustivo-arbóreo, sendo que a proporção na qual estes dois estratos ocorrem em uma área determina a fisionomia da vegetação (Coutinho 2002). Estas fisionomias variam desde formas abertas, como o campo limpo, onde predomina o estrato herbáceo, passando a formas intermediárias como campo sujo e cerrado *sensu stricto*, e a vegetações densas como o cerradão, onde o estrato arbóreo é predominante (Durigan *et al.* 2002, Coutinho 2006).

Atualmente o cerrado é considerado o segundo bioma mais ameaçado do Brasil, devido principalmente, ao aumento de áreas destinadas à agricultura e pecuária (Coutinho 2002, Silva *et al.* 2006). Em todo o país restam apenas 20% de área deste bioma em estado conservado (Capobianco 2002), enquanto no Estado de São Paulo restam apenas 7% da sua área original, sendo representado apenas por fragmentos isolados (Durigan *et al.* 2003).

A fenologia, ou estudo dos ciclos biológicos recorrentes, de plantas do cerrado têm sido foco de vários trabalhos, que destacam a sazonalidade nos ciclos reprodutivos em geral e na frutificação em particular (Mantovani & Martins 1988, Batalha *et al.* 1997, Felfili *et al.* 1999, Batalha & Mantovani 2000, Silberbauer-Gottsberger 2001, Bulhão & Figueiredo 2002, Batalha & Martins 2004, Munhoz & Felfili 2005, Leite *et al.* 2006, Lenza & Klink 2006, Tannus *et al.* 2006). Esta

sazonalidade é relacionada ao clima estacional, com estações chuvosas e secas bem marcadas, que predomina na área de distribuição dos cerrados (Coutinho 1978, Dias 1990, Ab'Sáber 2003).

Enquanto espécies auto e anemocóricas tendem a frutificar nas épocas mais secas do ano, quando seus frutos secam e liberam as sementes (Batalha & Martins 2004) e a dispersão pelo vento é mais eficiente (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 1983, Augspurger & Franson 1987), espécies zoocóricas frutificam principalmente no período mais úmido, quando as condições de umidade favorecem a produção de seus frutos e os mantêm atrativos por mais tempo (Mantovani & Martins 1988, Oliveira & Moreira 1992, Miranda 1995, Batalha & Mantovani 2000, Lenza & Klink 2006). Esta variação sazonal, observada também na produção de folhas e flores, é considerada uma estratégia adaptativa das plantas deste bioma (Oliveira & Sazima 1990, van Schaik *et al.* 1993, Coutinho 2002).

A maioria dos trabalhos que descrevem o comportamento sazonal das plantas do cerrado utilizam dados de presença e ausência das fenofases, coletados a partir de levantamentos florísticos (Batalha & Mantovani 2000, Batalha & Martins 2004) ou de exsicatas do acervo de herbários (Tannus *et al.* 2006), sendo rara a observação direta das fenofases (Munhoz & Felfili 2005). As poucas estimativas da intensidade das fenofases são baseadas em métodos semi-quantitativos de classes de intensidade, como o índice de Fournier (ver Bencke & Morellato 2002), estimadas para poucas espécies (Barros 2002, Bulhão & Figueiredo 2002, Freitas & Oliveira 2002, Leitão & Silva 2004, Goulart *et al.* 2005, Leite *et al.* 2006). São inexistentes os estudos que quantifiquem de forma direta ou indireta a quantidade de frutos produzidos em plantas de cerrados ou de outras formações savânicas.

Apesar das informações qualitativas fornecerem dados de diversidade de recursos e de como são disponibilizados ao longo do tempo, estas não mostram a real oferta de recursos e investimento reprodutivo em uma comunidade de plantas, que só pode ser avaliada com dados da quantidade de frutos produzidos por área, em número ou biomassa.

A maioria dos trabalhos que quantificam a produção de frutos têm como foco o comportamento de frugívoros em áreas de floresta (Chapman *et al.* 1992, van Schaik *et al.* 1993). Estes estudos geralmente encontram forte relação entre a abundância de frugívoros e a disponibilidade de frutos (Loiselle & Blake 1991, Malizia 2001, Stevenson 2001, Takanose & Kamitani 2003, Ragusa-Netto 2006). A época de frutificação e a quantidade de frutos produzidos aparecem como fatores importantes, afetando etapas no ciclo de vida dos animais, como reprodução e migração (Jordano 2000, Borgmann *et al.* 2004, Kwit *et al.* 2004) e levando a alterações na dieta (Loiselle & Blake 1991, Ganesh & Davidar 1999), movimentos de forrageio e uso do habitat (Loiselle & Blake 1993, Jordano 2000, Kimura *et al.* 2001, Chaves-Campos 2004, Ragusa-Netto 2006). Todos estes fatores, ao final vão determinar a maneira como as sementes serão depositadas e o padrão espacial de distribuição de espécies de plantas zoocóricas (Jordano 2000, Levine & Murrell 2003).

Finalmente, o conhecimento da oferta de recursos pela comunidade vegetal é importante principalmente quando se tratam de formações vegetais sob clima sazonal, onde podem ocorrer períodos de escassez de recursos como flores e frutos (Develey & Peres 2000). Mudanças estacionais e alterações nos padrões de produção e abundância de frutos e sementes zoocóricas têm grande influência nas populações de animais frugívoros ou predadores de sementes (van Schaik *et al.* 1993). Portanto, a análise de forma mais detalhada da fenologia, produção e disponibilidade de frutos é fundamental para compreensão da ecologia de comunidades vegetais, sua diversidade estrutural e funcional (Freitas & Oliveira 2002), sua capacidade de auto-regeneração (Oliveira & Paula 2001) e oferta recursos para consumidores primários (Morellato & Leitão-Filho 1992, Peres 1994).

Este trabalho tem como objetivo verificar (i) qual a proporção de espécies e indivíduos por síndrome de dispersão, (ii) quantificar a produção de frutos, em número e biomassa, por indivíduos de cada síndrome de dispersão; e (iii) descrever o padrão de frutificação, de acordo com as diferentes síndromes de dispersão de sementes, das plantas da comunidade arbustivo-arbórea de

uma área de cerrado *sensu stricto* no sudeste do Brasil. Espera-se que: (i) a comunidade apresente uma maior proporção de espécies zoocóricas, seguidas de espécies anemo e autocóricas, com padrão sazonal de frutificação, similar ao encontrado em outros estudos com espécies lenhosas de cerrado; (ii) que os padrões de produção em número de frutos e biomassa sejam diferentes entre as síndromes de dispersão, com predominância das espécies zoocóricas em biomassa de frutos; (iii) devido a riqueza da fauna de cerrado e a importância dos frutos para vários grupos de vertebrados frugívoros, espera-se que a biomassa de frutos zoocóricos varie pouco entre as estações, de forma a manter a oferta de recursos constante ao longo do ano.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo – Este estudo foi realizado em uma área de cerrado *sensu stricto* (Coutinho 1978) com aproximadamente 250 hectares, a 770 m de altitude (22°10'31.41''S 47°52'26.13''W), localizada na Fazenda São José da Conquista, no município de Itirapina, Estado de São Paulo (Fig. 1). O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo Cwa, mesotérmico úmido, com invernos secos e verões chuvosos. O diagrama climático de um período de trinta anos para o município de Itirapina mostra sazonalidade evidente, com estação seca de abril a setembro e estação úmida de outubro a março, com média anual de pluviosidade de 1524 mm e a temperatura de 20,74°C (Fig. 2A). No período de estudo (janeiro de 2006 a maio de 2007) a temperatura variou de 7 a 31°C, com temperatura média de 22°C, o período de menor pluviosidade foi entre abril e setembro, e a maior pluviosidade foi registrada entre dezembro e fevereiro (Fig. 2B).

A vegetação é característica de um cerrado *sensu stricto*, com a presença dos estratos herbáceo-subarbustivo e arbustivo-arbóreo definidos (Ribeiro & Walter 1998). Árvores e eventualmente arbustos apresentam troncos retorcidos, com casca grossa e folhas coriáceas e pilosas, e evidências de queimada antiga nos troncos de algumas árvores. A altura média das árvores é cerca de 3 m, podendo chegar a até 12 m em alguns indivíduos. No estrato arbustivo-

arbóreo entre as espécies mais comuns temos *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart., *Miconia rubiginosa* (Bonpl.) DC., *Anadenantera falcata* (Benth.) Speg., *Tocoyena formosa* (Cham. & Schltld.) K. Schum. e *Bauhinia rufa* (Bong.) Steud.. Entre as heráceo-subarbustivas predominam espécies dos gêneros *Psychotria*, *Chamaecrista*, *Cococypselum* e *Talisia* além de algumas espécies das famílias Poaceae e Cyperaceae, com apenas duas espécies de palmeiras compondo este estrato, *Attalea geraensis* e *Syagrus petraea*.

Amostragem dos indivíduos - Para a realização das observações fenológicas foram marcadas 36 transecções de 25 m de comprimento e 2 m de largura, distantes 50 m entre si, totalizando uma área amostrada de 1800 m<sup>2</sup>. Foram amostrados todos os indivíduos, inseridos nos 50 m<sup>2</sup> de cada transecção, com circunferência do caule a 30 cm do solo  $\geq 3$  cm. Estes indivíduos foram numerados e marcados com placas de alumínio e a identificação das espécies foi realizada por comparação em herbário, com o auxílio de especialistas e bibliografia especializada. O material testemunho das espécies estudadas encontra-se depositados no Herbário Rioclarense (HRCB).

Fenologia e produção de frutos- As observações fenológicas foram realizadas de janeiro de 2006 a maio de 2007, com frequência quinzenal nos 14 primeiros meses e mensal nos últimos três meses de coleta. Em cada coleta foi registrada a presença ou ausência das fenofases fruto imaturo e fruto maduro (Morellato *et al.* 1989) e estimada a produção de frutos pela contagem dos frutos para todos os indivíduos que estivessem manifestando estas fenofases. Os frutos foram contados um a um ou agrupados no caso de ocorrerem em cachos com 100 ou mais frutos ou em infrutescências, de forma a se estimar o número total de frutos produzido por indivíduo a cada data de coleta. Dentre as espécies com frutos maduros foram escolhidos, de forma oportunística, fora das transecções, no mínimo três indivíduos de cada espécie, coletados entre 15 e 30 frutos de cada indivíduo e tomadas medidas de peso fresco em gramas para a estimativa de biomassa de frutos maduros (g/m<sup>2</sup>).

A produção quinzenal em número de frutos imaturos e maduros foi estimada somando-se o número de frutos contados em cada coleta, dividido pela área total amostrada (1800 m<sup>2</sup>), sendo representada pelo número frutos por m<sup>2</sup>. A biomassa quinzenal de frutos maduros por árvore foi calculada a partir do número de frutos produzidos por indivíduo em cada quinzena multiplicado pelo peso do fruto em gramas. A biomassa total quinzenal foi calculada pela soma dos dados de biomassa de todos os indivíduos, dividida pela área, sendo representada em g/m<sup>2</sup>.

A produção total de frutos imaturos e maduros e a biomassa total de frutos maduros anuais (janeiro a dezembro de 2006) e para todo o período de estudo foram calculadas somando-se o pico de produção ou biomassa de cada indivíduo (Johnson & Landers 1978). Com os dados de produção e biomassa totais foi calculada a oferta total de frutos na comunidade, e a contribuição nas diferentes síndromes de dispersão e de cada espécie. Foi utilizado o pico de produtividade ao invés da soma da produção do indivíduo em todo o período de estudo para que os frutos que permanecem por mais de uma quinzena na planta não fossem considerados mais de uma vez no cálculo da produção total.

As espécies acompanhadas foram classificadas de acordo com as síndromes de dispersão em anemocóricas ou com frutos dispersos pelo vento, zoocóricas com frutos dispersos por animais ou autocóricas, quando os frutos apresentavam dispersão explosiva dos diásporos ou pelo peso, com base em caracteres morfológicos, conforme proposto por Pijl (1982) e utilizado em Morellato & Leitão-Filho (1992), em informações em literatura (Oliveira & Moreira 1992, Batalha & Mantovani 2000, Weiser & Godoy 2001) e observações em campo.

As descrições dos padrões fenológicos feitos com base (i) na porcentagem de indivíduos e espécies manifestando a fenofase; (ii) na produção (em número) de frutos imaturos e maduros; e (iii) na biomassa (g/m<sup>2</sup>) de frutos maduros; separadamente para cada síndrome de dispersão.

Análise de dados- A hipótese de sazonalidade nos padrões de produção e biomassa de frutos por síndrome de dispersão foi testada através de estatística circular conforme descrito por Morellato *et al.* (2000). Para detectar a existência de padrão significativamente sazonal em cada síndrome, foi aplicado o teste de Rayleigh ( $z$ ) que verifica a significância do ângulo médio (Zar 1999). Foram utilizados os ângulos correspondentes às datas de pico de proporção de indivíduos e espécies com frutos, produção e de biomassa de frutos. Estas datas referem-se principalmente ao ano de 2006 sendo utilizadas datas de 2007 somente para os indivíduos que não frutificaram e/ou não foi possível determinar um pico no primeiro ano de estudo. Quando o ângulo médio foi significativo, confirmando um padrão sazonal, este foi comparado, para as diferentes síndromes, entre os métodos de estimativa da frutificação, utilizando o teste de Watson-Williams ( $F$ ), para verificarmos possíveis diferenças nos padrões encontrados de acordo com o método utilizado.

O coeficiente de correlação de Spearman ( $r_s$ ) (Zar 1999) foi utilizado para verificarmos as relações entre a frutificação em produção e biomassa e as variáveis climáticas de temperatura, precipitação e comprimento do dia. A produção de frutos imaturos e maduros e de biomassa de frutos maduros a cada quinzena foi dividida pelo número de indivíduos que frutificaram na quinzena e este valor relacionado ao dado climático correspondente. Foram apresentados somente os resultados referentes à temperatura média e pluviosidade, pois os resultados foram semelhantes para as temperaturas máximas e mínimas.

## RESULTADOS

Foram amostrados 2.340 indivíduos distribuídos em 39 famílias e 119 espécies (Tab. 1). As principais famílias em número de indivíduos foram Fabaceae (371 indivíduos), Myrtaceae (354) e Melastomataceae (217) e em número de espécies foram Fabaceae (16 espécies), Myrtaceae (12) e Malpighiaceae e Vochysiaceae com oito espécies cada (Tab.1). A zoocoria foi a síndrome de dispersão predominante com 55,5% das espécies e 67,5% dos indivíduos, seguida da anemocoria

com 32,8% das espécies e 19,5% dos indivíduos, sendo a autocoria a síndrome menos representada entre as espécies (6,7%) e os indivíduos (11,5%) da comunidade amostrada.

**Produção e biomassa de frutos** - A produção total anual foi de 2.144.652 frutos imaturos (1191 frutos/m<sup>2</sup>) e 439.781 frutos maduros (244 frutos/m<sup>2</sup>), equivalente a uma biomassa total de frutos maduros de 24,2 g/m<sup>2</sup>. Durante todo o período de estudo, 70% das espécies produziram frutos imaturos e 55% frutos maduros. Do total de indivíduos amostrados, 42% apresentaram fruto imaturo e 31% produziram frutos maduros. O número de frutos maduros registrados correspondeu a 20% do total de frutos imaturos contados na comunidade. Quanto às diferentes síndromes, a proporção de frutos maduros registrados em relação aos imaturos contados foi de 6,2% para os zoocóricos, 82% para os anemocóricos e de 83% para os autocóricos.

Considerando as síndromes de dispersão, frutos imaturos zoocóricos foram produzidos em maior número na comunidade (82%) ao longo de todo o período de estudo (Fig. 3). Entre os frutos maduros, os anemocóricos representaram 68% da produção da comunidade, seguidos dos frutos zoo e autocóricos. Por outro lado, a maior contribuição em biomassa foi dos frutos maduros zoocóricos (74%), sendo que apenas 1% da biomassa correspondeu a frutos anemocóricos (Fig. 3).

As espécies que mais contribuíram com a produção de frutos zoocóricos foram *Miconia rubiginosa* e *M. albicans* (51 e 30% dos frutos maduros contados) e em biomassa a principal espécie foi *Pouteria torta* com 41% do total estimado. Para frutos anemocóricos *Eupatorium laevigatum* foi responsável por 58% dos frutos imaturos e 75% dos frutos maduros produzidos. A espécie *Dalbergia miscolobium* foi responsável por 37% da produção em biomassa de frutos anemocóricos. Os frutos maduros de espécies da família Asteraceae corresponderam a 99,6% da produção entre as anemocóricas e 67% da produção da comunidade. Quanto aos frutos autocóricos, a espécie *Lippia balansae* contribuiu com 86% da produção de frutos imaturos e com 97% dos maduros, enquanto *Anadenanthera falcata* contribuiu com 91% da biomassa.

Padrões sazonais - Frutos dispersos por animais, apesar de ficarem disponíveis ao longo de todo o período de estudo, foram produzidos de forma sazonal, com datas médias de produção e biomassa em dezembro (Tab. 2). A frutificação nas espécies zoocóricas ocorreu de forma mais intensa durante a estação chuvosa com uma acentuada diminuição na produção, principalmente de frutos maduros, nos meses mais secos (Fig.4). Na estação úmida, entre janeiro e março de 2006, houve alta produção e biomassa de frutos zoocóricos, porém, a proporção de indivíduos e espécies frutificando, não acompanhou este aumento (Fig. 4). Em setembro houve um aumento na proporção de espécies e indivíduos frutificando, juntamente com a produção e biomassa de frutos maduros, porém, a produção de frutos imaturos começou a aumentar somente em dezembro. Dois picos de produtividade foram observados, ambos na estação chuvosa, sendo em fevereiro e dezembro para frutos imaturos e em março e novembro para produção e biomassa de frutos maduros (Fig. 4). A produção de frutos zoocóricos imaturos apresentou correlação positiva significativa com a pluviosidade e o comprimento do dia, e com temperatura, pluviosidade e comprimento do dia para frutos maduros (Tab. 3).

Frutos anemocóricos foram produzidos de forma sazonal com data média entre junho e agosto, sendo que somente a proporção de espécies anemocóricas com frutos maduros não foi significativamente sazonal (Tab. 2). As datas médias da porcentagem de indivíduos (30 de agosto) e biomassa de frutos maduros (29 de julho) diferiram significativamente ( $F= 8,4$ ;  $p= 0,00$ ) (Tab. 2). As maiores proporções de espécies e indivíduos frutificando, produção e biomassa de frutos foram observadas durante a estação seca, sendo a síndrome com maior número de frutos produzidos nesta estação (Fig. 5). A proporção de indivíduos e espécies frutificando começou a aumentar no final da estação úmida, no mês de fevereiro, enquanto o aumento na produção de frutos ocorreu somente em abril (Fig. 5). Apesar da produtividade e biomassa de frutos anemocóricos chegarem a quase zero entre outubro e março, a proporção de espécies frutificando diminuiu de forma mais acentuada somente entre novembro e dezembro. Os picos de produção, biomassa e proporção de indivíduos e espécies com frutos anemocóricos não coincidiram, sendo observado no início da estação seca para

a produção, no meio desta estação para biomassa e na transição entre as estações seca e chuvosa para a proporção de espécies e indivíduos em fruto (Fig. 5). Houve correlação negativa significativa entre o clima e a produção de frutos anemocóricos (Tab. 3).

Os indivíduos autocóricos produziram frutos de forma sazonal, com datas médias em março para produção de frutos imaturos e em junho para produção e biomassa de frutos maduros, as datas médias da proporção de indivíduos e produção de frutos imaturos diferiram significativamente ( $F=5,5$ ;  $p=0,02$ ), apesar de ambas terem ocorrido no mês de março (Tab. 2). Uma alta proporção de indivíduos e, principalmente, de espécies foi observada frutificando durante a estação seca (Fig. 6), porém não foi detectada sazonalidade significativa para a proporção de espécies (Tab.2). A produção de frutos autocóricos ficou concentrada na transição entre as estações úmida e seca, sendo interrompida entre outubro 2006 e fevereiro 2007 (Fig. 6). O pico de produtividade ocorreu no final da estação úmida em 2006 e no início da seca em 2007 e deu-se em julho para biomassa e proporção de espécies com frutos autocóricos. Houve correlação positiva significativa entre produção de frutos imaturos e a temperatura e pluviosidade, e negativa entre a produção e biomassa de frutos maduros e o comprimento do dia (Tab. 3).

## DISCUSSÃO

A distribuição da proporção dos indivíduos e espécies nas diferentes síndromes de dispersão no cerrado estudado coincidiu com outros levantamentos feitos para espécies arbustivo-arbóreo de cerrado, a zoocoria tende a predominar seguida da anemo e autocoria (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 1983, Mantovani & Martins 1988, Batalha *et al.* 1997, Batalha & Mantovani 2000, Weiser & Godoy 2001, Batalha & Martins 2004, Tannus *et al.* 2006). Este grande número de espécies zoocóricas condiz também com o padrão encontrado floretas tropicais (Janson 1983, Morellato & Leitão-Filho 1992, Jordano 2000).

A frutificação da comunidade arbustivo-arbórea estudada foi marcadamente sazonal, com as espécies e indivíduos zoocóricos frutificando principalmente na estação úmida, favorecendo o

amadurecimento dos frutos carnosos, e na estação seca para espécies anemo e autocóricas, quando a dessecação dos diásporos e dispersão pelo vento é mais eficiente. O padrão de frutificação encontrado confirma o padrão geral observado na maioria dos trabalhos de fenologia de plantas de cerrado (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 1983, Mantovani & Martins 1988, Oliveira & Moreira 1992, Miranda 1995, Batalha & Mantovani 2000, Batalha & Martins 2004, Lenza & Klink 2006). Outras áreas com vegetação sujeitas a clima sazonal mostram padrão similar de frutificação, como encontrado para espécies anemocóricas por Bullock & Solis-Magallanes (1990) em uma floresta tropical decídua no México, por Selwyn & Parthasarathy (2006) para frutos anemocóricos em uma floresta seca na Índia, e para diferentes síndromes por Frankie *et al.* (1974) para frutos maduros das espécies de floresta seca na Costa Rica, por Griz & Machado (2001) na floresta seca da caatinga brasileira e por Morellato & Leitão-Filho (1992) em floresta estacional semi-decidual no sudeste do Brasil.

As correlações significativas encontradas entre a produção de frutos zoocóricos e anemocóricos e o clima confirmam a sazonalidade na produção destes frutos, principalmente como resposta à estratégia de dispersão. A correlação significativa positiva encontrada entre a produção de frutos imaturos autocóricos e a temperatura e pluviosidade, pode ser devida à alta produção destes frutos no final da estação úmida, quando as chuvas estão diminuindo, mas a temperatura é alta. O baixo número de correlações significativas entre biomassa de frutos maduros e as variáveis climáticas, provavelmente deve-se ao fato de que períodos de maior biomassa de frutos são condicionados principalmente pelo peso dos frutos e não somente pelo clima.

Apesar da maior produção de frutos e proporção dos indivíduos e espécies zoocóricos na estação chuvosa, alguns frutos zoocóricos carnosos ficaram disponíveis na estação seca. Plantas lenhosas podem ser observadas em floração e frutificação ao longo de todo o ano no cerrado (Sarmiento & Monasterio 1983), o que pode ser devido ao fato destas plantas possuírem raízes longas (Coutinho 2002) que atingem as camadas mais profundas do solo que permanecem úmidas mesmo na estação seca (Eiten 1972, Oliveira 1998).

Não há trabalhos que estimem a produção ou biomassa de frutos no bioma cerrado, ou avaliem seus padrões sazonais. É difícil afirmar se a produção de frutos na área de cerrado estudada é similar a de outras savanas. Uma revisão a respeito da produção de frutos carnosos feita por Jordano (2000) mostra que em regiões savânicas a biomassa total foi de  $4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  ( $0,4 \text{ g}/\text{m}^2$ ) chegando a  $40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  ( $4 \text{ g}/\text{m}^2$ ) em florestas temperadas e a  $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  ( $6 \text{ g}/\text{m}^2$ ) em vegetação mediterrânea arbustiva de planície. Na comunidade arbustivo-arbórea amostrada, a produção anual em biomassa de frutos maduros foi de  $24,2 \text{ g}/\text{m}^2$ , sendo a biomassa de frutos zoocóricos correspondente a  $23,2 \text{ g}/\text{m}^2$ . Essa elevada produção pode ser devida à metodologia de contagem direta de frutos nas plantas, mas que pode ainda ter sido subestimada devido ao cálculo da produção total, onde foi utilizado o pico de produtividade e não a soma da produção ao longo de todo o período de estudo. Diferentes metodologias podem ser empregadas para estimar produção de frutos (Chapman *et al.* 1992, Zhang & Wang 1995, Parrado-Rosselli *et al.* 2006), mas a maioria dos estudos aplica métodos indiretos, como coletores e contagem no chão da mata (Reys *et al.* 2005, Parrado-Rosselli *et al.* 2006, Castro *et al.* 2007b, Castro *et al.* 2007a). Entretanto, apesar das possíveis discrepâncias entre metodologias, ficou evidente a grande oferta de frutos zoocóricos na vegetação de cerrado estudada, não apenas em biomassa, mas em proporção de indivíduos e número de frutos oferecidos, especialmente na estação úmida, sendo importante fonte de recurso alimentar para frugívoros. Este padrão é esperado para outras áreas de cerrado *sensu stricto*, cuja estrutura e composição em espécies é similar (Durigan *et al.* 2002, Fidelis & Godoy 2003, Assunção & Felfili 2004, Batalha & Martins 2007).

Poucos trabalhos relacionam disponibilidade de alimento e comportamento alimentar ou abundância de frugívoros em regiões de cerrado. Dalponte & Lima (1999) verificaram para *Lycalopex vetulu*, em uma área de cerrado em Cuiabá, no Estado de Mato-Grosso, que o consumo oportunístico de frutos coincide com o padrão de frutificação da vegetação. Na época chuvosa, período com maior número de espécies frutificando, este canídeo aumenta o consumo de frutos em relação a outras épocas do ano. Segundo Jordano (2000), o nível de produção de frutos carnosos em

determinados habitats está fortemente associado com a importância relativa da zoocoria como adaptação para dispersão de sementes. Além disso, a produção de frutos zoocóricos, mesmo durante a estação seca, pode ser importante para garantir a disponibilidade de recursos ao longo do ano e a permanência dos frugívoros em uma área (Smythe 1970, Jordano 2000). No cerrado estudado, os frutos das espécies *Miconia rubiginosa*, *Pouteria torta*, *Tocoyena formosa* e *Xylopia aromatica* foram oferecidos na estação seca e podem ser importante fonte de frutos nesses períodos de potencial escassez de recursos.

Frutos pequenos com muitas sementes, como os das espécies do gênero *Miconia*, foram os mais abundantes dentre os frutos zoocóricos produzidos. Frutos com estas características tendem a ser consumidos por espécies de aves generalistas e, no caso deste gênero, principalmente aves oportunistas, sendo um recurso utilizado por diversas espécies de aves frugívoras (Snow 1981, Manhães *et al.* 2003). O consumo de frutos de *Miconia* por diferentes espécies de aves também foi confirmado para a espécie *Miconia rubiginosa* em um estudo desenvolvido por Marcondes-Machado (2002) em uma área de cerrado vizinha a área deste estudo, em Itirapina, reforçando a importância desta espécie como fonte de recurso inclusive como item complementar na dieta de aves que se alimentam principalmente de invertebrados.

Indivíduos zoocóricos, mesmo apresentando grande investimento em frutos imaturos, não apresentaram uma quantidade de frutos maduros proporcional a este investimento inicial. Esta baixa taxa de conversão de frutos imaturos em frutos maduros pode estar associada à rápida maturação e remoção dos frutos, mesmo quando ainda imaturos, em relação à frequência de observações em campo, e principalmente ao aborto de frutos antes da maturação. Em uma revisão a respeito do aborto de flores e frutos, Stephenson (1981) conclui que a maioria das espécies de plantas produz mais botões florais em relação às flores e mais flores e frutos imaturos em relação aos frutos maduros produzidos. Diversas causas podem levar a estas perdas sendo a principal delas, a limitação por recursos durante o desenvolvimento das flores e frutos (Stephenson 1981), fator que pode ser acentuado no caso de frutos zoocóricos que geralmente apresentam polpa carnosa ou

outros tipos de recompensas aos frugívoros, que aumentam o custo nutricional de desenvolvimento dos frutos, podendo limitar sua produção (Ramírez 1993).

Oliveira & Silva (1993), em um trabalho com duas espécies de *Kielmeyera* no cerrado do Brasil Central, observaram uma baixa porcentagem de indivíduos frutificando em relação aos que floresceram e um baixo número de frutos por indivíduos, sendo este resultado devido mais a fatores bióticos relacionados à estação úmida do que a restrições decorrentes da sazonalidade climática. Estudos do sucesso reprodutivo e desenvolvimento dos frutos nas diferentes espécies de plantas do cerrado, a partir de experimentos controlados poderiam nos fornecer uma visão mais detalhada dos fatores que levaram a esta baixa proporção de frutos maduros formados e se esta perda é natural, decorrente da limitação nutricional ou ainda devida a algum desequilíbrio ecológico, como limitação na polinização e predação excessiva de flores e sementes.

Indivíduos com sementes anemocóricas, apesar de não serem os mais abundantes na área, contribuíram com a maior produção em número de frutos maduros, mas apresentaram a menor produção em biomassa na comunidade (1%). Wallace & Painter (2002) encontraram resultados semelhantes em uma área de savana na Bolívia, com uma maior produção de frutos secos e sem arilo em relação aos frutos carnosos. Esse elevado número de frutos anemocóricos é consequência da estratégia reprodutiva destas plantas e obviamente está relacionado à sua síndrome de dispersão, já que estes frutos e sementes geralmente são pequenos e leves, o que favorece a ação do vento durante a dispersão (Pijl 1982, Augspurger & Franson 1987) e a grande quantidade compensa a incerteza quanto ao local de dispersão em espécies anemocóricas.

As espécies da família Asteraceae foram responsáveis por quase toda a produção de frutos anemocóricos e mais da metade da produção de frutos maduros da comunidade. Tal resultado pode estar associado ao maior investimento na produção de propágulos devido ao caráter pioneiro (Harper *et al.* 1970) e ao hábito arbustivo encontrado na maioria das espécies desta família presentes na área de estudo. Segundo Ramírez (1993), as taxas de aborto em espécies com frutos e sementes pequenas ou leves e de hábito herbáceo e arbustivo são menores em relação a espécies

com frutos maiores ou mais pesados e de hábito arbóreo. A ausência no investimento em polpa e atratividade nos frutos anemocóricos também pode ter contribuído para o maior sucesso na conversão de frutos imaturos em maduros das espécies anemocóricas em comparação aos frutos zoocóricos, já que o custo do fruto pode limitar a produção (Ramírez 1993).

Frutos autocóricos foram produzidos em menor número na comunidade e sua produção foi restrita aos meses de transição entre as estações úmida e seca, sendo a produção de frutos maduros interrompida durante a estação chuvosa. Porém, a biomassa foi importante (25%), provavelmente devido às espécies barocóricas, geralmente com frutos ou sementes pesados, dispersos pela ação da gravidade (Pijl 1982), como de *Dimorphandra mollis* e *Stryphnodendron obovatum*.

Observando as diferentes maneiras de estimarmos as fenofases, nem sempre a proporção de indivíduos e, principalmente das espécies frutificando, acompanhou o padrão de produção de frutos e biomassa no cerrado estudado. De forma similar, a data com maior proporção de indivíduos frutificando nem sempre coincidiu com a de maior disponibilidade em número ou biomassa de frutos. Por exemplo, para a proporção de espécies anemo e autocóricas com frutos, não foi detectada sazonalidade significativa, ao contrário do observado para indivíduos, produção e biomassa. Enquanto a proporção de espécies mostra a diversidade de frutos e, a proporção de indivíduos nos indica a contribuição das populações e sincronia dos indivíduos (Bencke & Morellato 2002), a produção em número de frutos pode ser condicionada pela contribuição de apenas uma ou duas espécies ou até mesmo de um indivíduo. O mesmo ocorre com a biomassa, que tem seu padrão ao longo do tempo condicionado por espécies que, não só produzam mais frutos, mas tenham frutos mais pesados. Este foi um fator evidente no cerrado estudado, onde a oferta de frutos zoocóricos em número e biomassa foi marcada pela contribuição de duas espécies de *Miconia* e pela espécie *Pouteria torta*, respectivamente. A alta contribuição por poucas espécies na oferta em biomassa de frutos consumidos por vertebrados frugívoros também foi constatada por Reys *et al.* (2005) em uma floresta ciliar em bioma de cerrado no Brasil Central, com o padrão de biomassa de frutos ficando condicionado pela oferta de frutos destas espécies.

Apesar da importância dos dados tradicionais de proporção de espécies e indivíduos, somente com dados de quantificação da frutificação podemos entender como se dá a oferta real de recursos ao longo do tempo, a época e intensidade de investimento na produção de propágulos, dados até hoje inexistentes para áreas de cerrado. Trabalhos que tenham como objetivo a quantificação das fenofases para a descrição detalhada dos padrões fenológicos das plantas devem ser incentivados neste bioma, pois geram informações fundamentais para o entendimento da comunidade vegetal a conservação e manejo das espécies vegetais assim como dos animais que com elas interagem.

Agradecimentos – Este trabalho recebeu apoio financeiro da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq). Agradecemos à Paula Reys por disponibilizar dados inéditos e pela ajuda durante desenvolvimento deste trabalho. Aos proprietários da Fazenda São José da Conquista por permitirem a realização do trabalho de campo nesta área. MGGC recebeu bolsa de mestrado da FAPESP (proc. 05/57740-0) e LPCM é bolsista de produtividade em Pesquisa do CNPq.

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A.N. 2003. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. Ateliê Editorial, São Paulo, p.159.
- ASSUNÇÃO, S.L. & FELFILI, J.M. 2004. Fitossociologia de um fragmento de cerrado sensu stricto na APA do Paranoá, DF, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18:903-909.
- AUGSPURGER, C.K. & FRANSON, S.E. 1987. Wind dispersal of artificial fruits varying in mass, area, and morphology. *Ecology* 68:27-42.
- BACH, C.S. 2002. Phenological patterns in monsoon rainforests in the Northern Territory, Australia. *Austral Ecology* 27:477-489.

- BARROS, M.A.G. 2002. Floração sincrônica e sistemas reprodutivos em quatro espécies de *Kielmeyera* Mart. (Guttiferae). *Acta Botanica Brasilica* 16:113-122.
- BATALHA, M.A., ARAGAKI, S. & MANTOVANI, W. 1997. Variações fenológicas das espécies do cerrado em Emas (Pirassununga, SP). *Acta Botanica Brasilica* 11:61-78.
- BATALHA, M.A. & MANTOVANI, W. 2000. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pe-de-Gigante reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. *Revista Brasileira de Biologia* 60:129-145.
- BATALHA, M.A. & MARTINS, F.R. 2004. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). *Australian Journal of Botany* 52:149-161.
- BATALHA, M.A. & MARTINS, F.R. 2007. The vascular flora of the cerrado in Emas National Park (Central Brazil): a savanna flora summarized. *Brazilian archives of biology and technology* 50:269-277.
- BAWA, K.S., KANG, H.S. & GRAYUM, M.H. 2003. Relationships among time, frequency, and duration of flowering in tropical rain forest trees. *American Journal of Botany* 90:877-887.
- BENCKE, C.S.C. & MORELLATO, L.P.C. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica* 25:269-275.
- BOLLEN, A. & DONATI, G. 2005. Phenology of the littoral forest of Sainte Luce, Southeastern Madagascar. *Biotropica* 37:32-43.
- BORCHERT, R. 1994. Soil and Stem Water Storage Determine Phenology and Distribution of Tropical Dry Forest Trees. *Ecology* 75:1437-1449.
- BORCHERT, R., RENNER, S.S., CALLE, Z., NAVARRETE, D., TYE, A., GAUTIER, L., SPICHIGER, R. & VON HILDEBRAND, P. 2005. Photoperiodic induction of synchronous flowering near the Equator. *Nature* 433:627-629.

- BORGMANN, K.L., PEARSON, S.F., LEVEY, D.J. & GREENBERG, C.H. 2004. Wintering yellow-rumped warblers (*Dendroica coronata*) track manipulated abundance of *Myrica cerifera* fruits. *The auk* 121:74-87.
- BREARLEY, F.Q., PROCTOR, J., SURIANTATA, NAGY, L., DALRYMPLE, G. & VOYSEY, B.C. 2007. Reproductive phenology over a 10-year period in a lowland evergreen rain forest of central Borneo. *Journal of Ecology* 95:828-839.
- 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* 25:361-369.
- BULLOCK, S.H. & SOLIS-MAGALLANES, J.A. 1990. Phenology of canopy trees of a Tropical Deciduous Forest in Mexico. *Biotropica* 22:22-35.
- CAPOBIANCO, J.P.R. 2002. Artigo-base sobre os biomas brasileiros. *In* Meio ambiente Brasil: avanços e obstáculos pós-Rio-92 (A. Camargo, J.P.R. Capobianco & J.P.A. Oliveira, orgs.). Estação Liberdade, Instituto Sócio Ambiental, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo/ Rio de Janeiro, p.117-156
- CASTRO, E.R., GALETTI, M. & MORELLATO, L.P.C. 2007. Reproductive phenology of *Euterpe edulis* (Arecaceae) along a gradient in the Atlantic rainforest of Brazil. *Australian Journal of Botany* 55:725–735.
- CHAPMAN, C.A., CHAPMAN, L.J., WANGHAM, R., HUNT, K., GEBO, D. & GARDNER, L. 1992. Estimators of Fruit Abundance of Tropical Trees. *Biotropica* 24:527-531.
- CHAVES-CAMPOS, J. 2004. Elevational movements of large frugivorous birds and temporal variation in abundance of fruits along an elevational gradient. *Ornitologia Neotropical* 15:433-445.

- CORLETT, R.T. 1990. Flora and Reproductive Phenology of the Rain-Forest at Bukit Timah, Singapore. *Journal of Tropical Ecology* 6:55-63.
- COUTINHO, L.M. 1978. O conceito do cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1:17-23.
- COUTINHO, L.M. 2002. O Bioma Cerrado. *In* Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois (A.L. Klein, org.). Editora UNESP, Imprensa Oficial do Estado, São Paulo, p.77-91
- COUTINHO, L.M. 2006. O conceito de bioma. *Acta Botanica Brasilica* 20:13-23.
- DALPONTE, J.C. & LIMA, E.S. 1999. Disponibilidade de frutos e a dieta de *Lycalopex vetulus* (Carnivora - Canidae) em um cerrado de Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 22:325-332.
- DEVELEY, P.F. & PERES, C.A. 2000. Resource seasonality and the structure of mixed species bird flocks in a coastal Atlantic forest of southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 16:33-53.
- DEVINEAU, J.L. 1999. Seasonal rhythms and phenological plasticity of savanna woody species in a fallow farming system (south-west Burkina Faso). *Journal of Tropical Ecology* 15:497-513.
- DIAS, B.F.S. 1990. A conservação da natureza no cerrado brasileiro. *In* Cerrado: características, ocupação e perspectivas (M. Novaes-Pinto, ed.). UNB, Brasília, p.583-640
- DURIGAN, G., NISHIKAWA, D.L.L., ROCHA, E., SILVEIRA, E.R., PULITANO, F.M., REGALADO, L.B., CARVALHAES, M.A., PARANAGUÁ, P.A. & RANIERI, V.E.L. 2002. Caracterização de dois estratos da vegetação em uma área de cerrado no município de Brotas, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 16:251-262.
- DURIGAN, G., SIQUEIRA, M.F., FRANCO, G.A.D.C., BRIDGEWATER, S. & RATTER, J.A. 2003. The vegetation of priority areas for cerrado conservation in São Paulo State, Brazil. *Edinburgh Journal of Botany* 60:217-241.
- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review* 38:201-341.

- ERIKSSON, O. & EHRLÉN, J. 1998. Secondary metabolites in fleshy fruits: Are adaptive explanations needed? *American Naturalist* 152:905-907.
- FELFILI, J.M., SILVA JR., M.C., DIAS, B.J. & REZENDE, A.V. 1999. Estudo fenológico de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville no cerrado sensu stricto da Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 22:83-90.
- FENNER, M. 1998. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics* 1:78-91.
- FIDELIS, A.T. & GODOY, S.A.P. 2003. Estrutura de um cerrado *atricto sensu* na gleba cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. *Acta Botanica Brasilica* 17:531-539.
- FRANKIE, G.W., BAKER, H.G. & OPLER, P.A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 62:881-919.
- FREITAS, C.V. & OLIVEIRA, P.E. 2002. Biologia reprodutiva de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Botânica* 25:311-321.
- FRENEDOZO, R.C. 2004. Plant reproductive phenology and dispersal patterns after natural regeneration in a limestone mining spoil banks. *Brazilian archives of biology and technology* 47:261-271.
- GANESH, T. & DAVIDAR, P. 1999. Fruit biomass and relative abundance of frugivores in a rain forest of southern Western Ghats, India. *Journal of Tropical Ecology* 15:399-413.
- GOTTSBERGER, G. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 1983. Dispersal and distribution in the cerrado vegetation of Brazil. *Sonderbd. naturwiss. Ver. Hamburg* 7:315-352.
- GOULART, M.F., LEMOS, J.P. & LOVATO, M.B. 2005. Phenological variation within and among populations of *Plathymenia reticulata* in Brazilian Cerrado, the Atlantic Forest and transitional sites. *Annals of Botany* 96:445-455.
- GRIZ, L.M.S. & MACHADO, I.C.S. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 17:303-321.

- HARPER, J.L., LOVELL, P.H. & MOORE, K.G. 1970. The shapes and sizes of seeds. *Annual Review in Ecology and Systematics* 1:327-356.
- JANSON, C.H. 1983. Adaptation of Fruit Morphology to Dispersal Agents in a Neotropical Forest. *Science* 219:187-189.
- JOHNSON, A.S. & LANDERS, J.L. 1978. Fruit production in slash pine plantations in Georgia. *The Journal of Wildlife Management* 42:606-613.
- JORDANO, P. 2000. Fruits and frugivory. *In* *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* (M. Fenner, ed.). CABI Publ., Wallingford, p.125-166
- KIMURA, K., YUMOTO, T. & KIKUZAWA, K. 2001. Fruiting phenology of fleshy-fruited plants and seasonal dynamics of frugivorous birds in four vegetation zones on Mt. Kinabalu, Borneo. *Journal of Tropical Ecology* 17:833-858.
- KLINK, C.A. & MACHADO, R.B. 2005. Conservation of the brazilian cerrado. *Conservation Biology* 19:707-713.
- KOIKE, S., KASAI, S., YAMAZAKI, K. & FURUBAYASHI, K. 2008. Fruit phenology of *Prunus jamasakura* and the feeding habit of the Asiatic black bear as a seed disperser. *Ecological Research* 23:385-392.
- KOMINAMI, Y., SATO, T., TAKESHITA, K., MANABE, T., ENDO, A. & NOMA, N. 2003. Classification of bird-dispersed plants by fruiting phenology, fruit size, and growth form in a primary lucidophyllous forest: an analysis, with implications for the conservation of fruitbird interactions. *Ornithological Science* 2:3-23.
- KÖPPEN, W. 1948. *Climatologia*. Fondo Cultura Economica, Mexico City,
- KWIT, C., LEVEY, D.J., GREENBERG, C.H., PEARSON, S.F., MCCARTY, J.P., SARGENT, S. & MUMME, R.L. 2004. Fruit abundance and local distribution of wintering hermit thrushes (*Catharus guttatus*) and yellow-rumped warblers (*Dendroica coronata*) in South Carolina. *The auk* 121:46-57.

- LEITÃO, A.C. & SILVA, O.A. 2004. Variação sazonal de macronutrientes em uma espécie arbórea de cerrado, na Reserva Biológica e Estação Experimental de Mogi-Guaçu, estado de São Paulo, Brasil. *Rodriguésia* 55:127-136.
- LEITE, G.L.D., VON DOS S. VELOSO, R., 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.
- LENZA, E. & KLINK, C.A. 2006. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 29:627-638.
- LEVINE, J.M. & MURRELL, D.J. 2003. The community-level consequences of seed dispersal patterns. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34:549-574.
- LOISELLE, B.A. & BLAKE, J.G. 1991. Temporal Variation in Birds and Fruits Along an Elevational Gradient in Costa Rica *Ecology* 72:180-193.
- LOISELLE, B.A. & BLAKE, J.G. 1993. Spatial distribution of understory fruit-eating birds and fruiting plants in a neotropical lowland wet forest *Plant Ecology* 107/108:177-189.
- MACHADO, I.C.S., BARROS, L.M. & SAMPAIO, E.V.S.B. 1997. Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, northeastern Brazil. *Biotropica* 29:57-68.
- MALIZIA, L.R. 2001. Seasonal fluctuations of birds, fruits, and flowers in a subtropical forest of Argentina. *Condor* 103:45-61.
- MANHÃES, M.A., ASSIS, L.C.S. & CASTRO, R.M. 2003. Frugivoria e dispersão de sementes de *Miconia urophylla* (Melastomataceae) por aves em um fragmento de Mata Atlântica secundária em Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. *Ararajuba* 11:173-180.
- MANTOVANI, W. & MARTINS, F.R. 1988. Variações fenológicas das espécies do cerrado da reserva biológica de Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 11:101-112.
- MARCONDES-MACHADO, L.O. 2002. Comportamento alimentar de aves em *Miconia rubiginosa* (Melastomataceae) em fragmento de cerrado, São Paulo. *Iheringia* 92:97-100.

- MDUMA, S.A., SINCLAIR, A.R.E. & TURKINGTON, R. 2007. The role of rainfall and predators in determining synchrony in reproduction of savanna trees in Serengeti National Park, Tanzania. *Journal of Ecology* 95:184-196.
- MIRANDA, I.S. 1995. Fenologia do estrato arbóreo de uma comunidade de cerrado em Alter-do-Chão, PA. *Revista Brasileira de Botânica* 18:235-240.
- MORELLATO, L.P.C., RODRIGUES, R.R., LEITÃO-FILHO, H.F. & JOLY, A.C. 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 12:85-98.
- MORELLATO, L.P.C. & LEITÃO-FILHO, H.F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. *In* História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil (L.P.C. Morellato, org.). Editora da Unicamp - FAPESP, Campinas, p.112-140
- MORELLATO, L.P.C., TALORA, D.C., TAKAHASI, A., BENCKE, C.C., ROMERA, E.C. & ZIPPARRO, V.B. 2000. Phenology of Atlantic rain forest trees: A comparative study. *Biotropica* 32:811-823.
- MORELLATO, P.C. & LEITÃO-FILHO, H.F. 1996. Reproductive phenology of climbers in a Southeastern Brazilian forest. *Biotropica* 28:180-191.
- MUNHOZ, C.B.R. & FELFILI, J.M. 2005. Fenologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma comunidade de campo sujo na Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19:979-988.
- NEWSTROM, L.E., FRANKIE, G.W. & BAKER, H.G. 1994. A New classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland Tropical Rain-Forest trees at La-Selva, Costa-Rica. *Biotropica* 26:141-159.
- OKULLO, J.B.L., HALL, J.B. & OBUA, J. 2004. Leafing, flowering and fruiting of *Vitellaria paradoxa* subsp *nilotica* in savanna parklands in Uganda. *Agroforestry Systems* 60:77-91.

- OLIVEIRA, P.E. & SILVA, J.C.S. 1993. Reproductive biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) in the cerrados of Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 9:67-79.
- OLIVEIRA, P.E. 1998. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de cerrado. *In* Cerrado: ambiente e flora (S.M. Sano & S.P.d. Almeida, eds.). Embrapa/ CPAC, Planaltina, p.169-192
- OLIVEIRA, P.E.A.M. & MOREIRA, A.G. 1992. Anemocoria em espécies de cerrado e mata de galeria de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 15:163-174.
- OLIVEIRA, P.E.A.M. & PAULA, F.R. 2001. Fenologia e biologia reprodutiva de plantas de Matas de Galeria. *In* Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria (J.F. Ribeiro, C.E.L. Fonseca & J.C. Sousa-Silva, eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p.303-332
- OLIVEIRA, P.E.A.M.D. & SAZIMA, M. 1990. Pollination biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) from Brazilian Cerrado vegetation. *Plant Systematics and Evolution* 172:35-49.
- OPLER, P.A., FRANKIE, G.W. & BAKER, H.G. 1980. Comparative phenological studies of treelet and shrub species in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa-Rica. *Journal of Ecology* 68:167-188.
- PAISE, G. & VIEIRA, E.M. 2005. Produção de frutos e distribuição espacial de angiospermas com frutos zoocóricos em uma Floresta Ombrófila Mista no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 28:615-625.
- PARRADO-ROSSELLI, A., MACHADO, J.L. & PRIETO-LOPEZ, T. 2006. Comparison between two methods for measuring fruit production in a tropical forest. *Biotropica* 38:267-271.
- PERES, C.A. 1994. Composition, density, and fruiting phenology of arborescent palms in an Amazonian Terra-Firme Forest. *Biotropica* 26:285-294.
- PIJL, L.V.D. 1982. Principles of dispersal in higher plants. Springer-Verlag, Berlin,
- PRIMACK, R.B. 1987. Relationships among Flowers, Fruits, and Seeds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18:409-430.

- RAGUSA-NETTO, J. 2006. Abundance and frugivory of the toco toucan (*Ramphastos toco*) in a gallery forest in Brazil's southern Pantanal. *Brazilian Journal of Biology* 66:133-142.
- RAMÍREZ, N. 1993. Production and cost of fruits and seeds among life forms. *Biotropica* 25:46-60.
- RATHCKE, B. & LACEY, E.P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16:179-214.
- REYS, P., GALETTI, M., MORELLATO, L.P.C. & SABINO, J. 2005. Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em mata ciliar no rio Formoso, Mato Grosso do Sul. *Biota Neotropica* 5:309-318.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In Cerrado: ambiente e flora* (S.M. Sano & S.P. Almeida, eds.). EMBRAPA-CPAC, Planaltina, p.89-152
- SAKAI, S. 2001. Phenological diversity in tropical forests. *Population Ecology* 43:77-86.
- SAKAI, S., HARRISON, R.D., MOMOSE, K., KURAJI, K., NAGAMASU, H., YASUNARI, T., CHONG, L. & NAKASHIZUKA, T. 2006. Irregular droughts trigger mass flowering in aseasonal tropical forests in Asia. *American Journal of Botany* 93:1134-1139.
- SARMIENTO, G. & MONASTERIO, M. 1983. Life forms and phenology. *In Ecosystems of the world. Tropical savannas* (F. Bourliere, ed.). Elsevier Science, Amsterdam, p.79-108
- SCHUPP, E.W. 1990. Annual Variation in Seedfall, Postdispersal Predation, and Recruitment of a Neotropical Tree. *Ecology* 71:504-515.
- SCHUPP, E.W. 1993. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals *Plant Ecology* 107/108:15-29.
- SCHUPP, E.W., MILLERON, T. & RUSSO, S. 2002. Dissemination limitation and the origin and maintenance of species-rich tropical forests. *In Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation* (D.J. LEVEY, W.R. SILVA & M. GALLETTI, eds.). CABI Publishing, New York, p.19-33

- SELWYN, M.A. & PARTHASARATHY, N. 2006. Reproductive traits and phenology of plants in tropical dry evergreen forest on the Coromandel coast of India. *Biodiversity and Conservation* 15:3207-3234.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 2001. A hectare of cerrado. II. Flowering and fruiting of thick-stemmed woody species. *Phyton-Annales Rei Botanicae* 41:129-158.
- SILVA, J.F., FARIÑAS, M.R., FELFILI, J.M. & KLINK, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. *Journal of Biogeography* 33:536-548.
- SMYTHE, N. 1970. Relationships between fruiting seasons and seed dispersal methods in a neotropical forest. *The American Naturalist* 104:25-35.
- SNOW, D.W. 1981. Tropical frugivorous birds and their food plants: a world survey. *Biotropica* 13:1-14.
- STEPHENSON, A.G. 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Annual Review in Ecology and Systematics* 12:253-279.
- STEVENSON, P.R. 2001. The relationship between fruit production and primate abundance in Neotropical communities. *Biological Journal of the Linnean Society* 72:161-178.
- TAKANOSE, Y. & KAMITANI, T. 2003. Fruiting of fleshy-fruited plants and abundance of frugivorous birds: Phenological correspondence in a temperate forest in central Japan. *Ornithological Science* 2:25-32.
- TALORA, D.C. & MORELLATO, L.P.C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 23:13-26.
- TANNUS, J.L.S., ASSIS, M.A. & MORELLATO, L.P. 2006. Reproductive phenology in dry and wet grassland in an area of Cerrado at Southeastern Brazil, Itirapina - SP. *Biota Neotropica* 6
- VAN SCHAIK, C.P., TERBORGH, J.W. & WRIGHT, S.J. 1993. The phenology of Tropical Forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24:353-377.

- WALLACE, R.B. & PAINTER, R.L.E. 2002. Phenological patterns in a southern Amazonian tropical forest: implications for sustainable management. *Forest Ecology and Management* 160:19-33.
- WEISER, V.D.L. & GODOY, S.A.P.D. 2001. Florística em um hectare de cerrado stricto sensu na ARIE - cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. *Acta Botanica Brasilica* 15:201-212.
- WILLIAMS, R.J., MYERS, B.A., EAMUS, D. & DUFF, G.A. 1999. Reproductive phenology of woody species in a north Australian tropical savanna. *Biotropica* 31:626-636.
- WORMAN, C.O. & CHAPMAN, C.A. 2005. Seasonal variation in the quality of a tropical ripe fruit and the response of three frugivores. *Journal of Tropical Ecology* 21:689-697.
- ZAR, H.J. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, New Jersey,
- ZHANG, S.Y. & WANG, L.X. 1995. Comparison of three fruit census methods in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 11:281-294.

## TABELAS E FIGURAS

Tabela 1. Lista das espécies arbustivo-arbóreas amostradas em uma área de cerrado *sensu stricto* no município de Itirapina-SP, com as respectivas síndromes de dispersão, número de indivíduos (n), produção (número de frutos) e biomassa (g/m<sup>2</sup>) de frutos produzidos entre janeiro de 2006 e maio de 2007. zoo- zoocórica; anemo- anemocórica; auto- autocórica.

Família	Espécie	Síndrome	n	Imaturos	Maduros	Biomassa
Annonaceae	<i>Annona coriacea</i> Mart.	zoo	9	0	0	0,000
	<i>Duguetia furfuracea</i> (A. St.-Hil.) Saff.	zoo	3	4	0	0,000
	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	zoo	102	1.322	270	0,301
Apocynaceae	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	anemo	34	14	0	0,000
Araliaceae	<i>Schefflera vinosa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin & Fiaschi	zoo	65	125.954	124	0,007
Asteraceae	<i>Baccharis</i> sp.	anemo	1	0	0	0,000
	<i>Eupatorium laevigatum</i> Lam.	anemo	7	216.803	231.224	0,044
	<i>Gochnatia barrosii</i> Cabrera	anemo	12	84.284	52.840	0,029
	<i>Gochnatia pulchra</i> Cabrera	anemo	12	51.534	15.483	0,005
	<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	anemo	9	8.324	1.616	0,002
	<i>Vernonia</i> sp.	anemo	5	12.052	6.654	0,025
Bignoniaceae	<i>Arrabidaea brachypoda</i> (DC.) Bureau	anemo	3	0	0	0,000
	<i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) A. DC.	anemo	14	35	22	0,000
	<i>Memora axillaris</i> K. Schum.	anemo	34	1	0	0,000
	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	anemo	14	0	0	0,000
	<i>Tabebuia</i> sp.	anemo	5	0	0	0,000
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	zoo	2	2	0	0,000
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	zoo	5	3	2	0,056
Celastraceae	<i>Tontelea micrantha</i> (Mart. ex Schult.) A.C. Sm.	zoo	2	0	0	0,000
	<i>Plenckia</i> sp.	anemo	5	0	0	0,000
	spCE	indet	3	0	0	0,000
Clusiaceae	<i>Kielmeyera grandiflora</i> (Wawra) Saddi	anemo	4	4	3	0,000
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i> Mart.	anemo	5	0	0	0,000
	<i>Terminalia</i> sp.	anemo	4	0	0	0,000
Connaraceae	<i>Connarus</i> sp.	zoo	1	0	0	0,000
	<i>Connarus suberosus</i> Planch.	zoo	21	0	0	0,000
	<i>Rourea induta</i> Planch.	zoo	23	144	19	0,003
	spCO	zoo	1	0	0	0,000
Dilleniaceae	<i>Davilla elliptica</i> A. St.-Hil.	zoo	3	0	0	0,000
Ebenaceae	<i>Diospyros hispida</i> A. DC.	zoo	32	36	4	0,000
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum buxus</i> Peyr.	zoo	4	186	0	0,000
	<i>Erythroxylum cuneifolium</i> (Mart.) O.E. Schulz	zoo	35	11.625	4.571	0,387
	<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	zoo	61	67.350	845	0,061
	<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	zoo	9	766	4	0,000
Euphorbiaceae	<i>Pera obovata</i> (Klotzsch) Baill.	auto	1	5	2	0,000
Fabaceae	<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	anemo	3	3	0	0,000
	<i>Anadenanthera falcata</i> (Benth.) Speg.	auto	56	4.453	806	7,218
	<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	auto	71	153	64	0,116

Tabela 1 - continuação

Família	Espécie	Síndrome	n	Imaturos	Maduros	Biomassa
	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	anemo	10	79	17	0,000
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	zoo	18	0	0	0,000
	<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	anemo	21	792	756	0,104
	<i>Dalbergia</i> sp.	anemo	6	0	0	0,000
	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	auto	18	52	32	0,512
	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	anemo	27	0	0	0,000
	<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	anemo	3	38	0	0,000
	<i>Machaerium</i> sp.	anemo	1	0	0	0,000
	<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	anemo	11	0	0	0,000
	<i>Senna rugosa</i> (G. Don) H.S. Irwin & Barneby	auto	38	100	22	0,022
	spFA	indet	15	1	0	0,000
	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	auto	15	11	6	0,003
	<i>Stryphnodendron obovatum</i> Benth.	auto	58	200	39	0,109
Lacistemataceae	<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	zoo	1	61	4	0,000
Lauraceae	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez	zoo	68	85.260	3.107	0,259
	spL	zoo	33	0	0	0,000
Loganiaceae	<i>Strychnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart.	zoo	6	0	0	0,000
	<i>Strychnos pseudoquina</i> A. St.-Hil.	zoo	9	0	0	0,000
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis campestris</i> (A. Juss.) Little	anemo	79	1.495	446	0,047
	<i>Banisteriopsis stellaris</i> (Griseb.) B. Gates	anemo	3	6	1	0,000
	<i>Byrsonima basiloba</i> A. Juss.	zoo	21	10.846	0	0,000
	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	zoo	21	335	8	0,001
	<i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss.	zoo	42	14.476	1.035	0,100
	<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	zoo	3	0	0	0,000
	spMA	indet	9	0	0	0,000
	spMA2	anemo	2	31	28	0,003
Malvaceae	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns	anemo	19	18	14	0,027
	<i>Pseudobombax</i> sp.	anemo	1	0	0	0,000
	spMV	anemo	3	0	0	0,000
Melastomataceae	<i>Leandra</i> sp.	zoo	13	5.993	1.513	0,365
	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	zoo	64	135.610	35.476	4,803
	<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	zoo	10	23.389	1.286	0,073
	<i>Miconia rubiginosa</i> (Bonpl.) DC.	zoo	98	1.368.633	60.512	5,305
	<i>Miconia stenostachya</i> DC.	zoo	27	7.126	638	0,074
	spME	indet	5	0	0	0,000
Monimiaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	zoo	22	699	26	0,000
Myristicaceae	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	zoo	50	666	97	0,023
Myrsinaceae	<i>Rapanea guianensis</i> Aubl.	zoo	13	82	1	0,000
	<i>Rapanea</i> sp.	zoo	16	31	0	0,000
	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez	zoo	6	3.649	197	0,000
Myrtaceae	<i>Calyptanthus lucida</i> Mart. ex DC.	zoo	2	0	0	0,000
	<i>Campomanesia pubescens</i> (DC.) O. Berg	zoo	61	2.963	940	0,895
	<i>Eugenia bimarginata</i> DC.	zoo	26	447	158	0,000

Tabela 1 - continuação

Família	Espécie	Síndrome	n	Imaturos	Maduros	Biomassa
	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	zoo	3	6	1	0,006
	<i>Eugenia sp.</i>	zoo	6	0	0	0,000
	<i>Myrcia bella</i> Cambess.	zoo	59	9.036	964	0,146
	<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.	zoo	69	671	259	0,039
	<i>Myrcia lingua</i> (O. Berg) Mattos & D. Legrand	zoo	95	27.245	4.716	0,652
	<i>Myrcia rostrata</i> D.C.	zoo	1	0	0	0,000
	<i>Myrcia sp.</i>	zoo	6	0	0	0,000
	<i>Psidium cinereum</i> Mart. ex DC.	zoo	2	0	0	0,000
	<i>spMY</i>	zoo	24	24	0	0,000
Nyctaginaceae	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	zoo	27	523	137	0,014
	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	zoo	4	0	0	0,000
	<i>Guapira sp.</i>	zoo	10	2.214	55	0,006
	<i>spNY</i>	zoo	1	0	0	0,000
Ochnaceae	<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. ex Engl.) Engl.	zoo	41	343	37	0,007
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	anemo	14	0	0	0,000
Rubiaceae	<i>Alibertia sessilis</i> (Vell.) K. Schum.	zoo	1	0	0	0,000
	<i>Alibertia sp.</i>	zoo	2	0	0	0,000
	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	zoo	33	0	0	0,000
	<i>Palicourea rigida</i> Kunth	zoo	8	2.011	42	0,005
	<i>spRU</i>	zoo	4	0	0	0,000
	<i>spRU2</i>	zoo	1	182	98	0,000
	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K. Schum.	zoo	80	724	132	0,433
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	zoo	7	606	3	0,000
Sapotaceae	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	zoo	20	0	0	0,000
	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	zoo	24	2.457	1.201	9,732
Styracaceae	<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	zoo	28	1.145	1	0,000
Verbenaceae	<i>Aegiphila lhotskiana</i> Cham.	zoo	16	44	8	0,000
	<i>Lippia balansae</i> Briq.	auto	13	29.145	27.139	0,053
Vochysiaceae	<i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm.	anemo	1	0	0	0,000
	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	anemo	39	6	6	0,000
	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	anemo	7	15	3	0,000
	<i>Qualea sp.</i>	anemo	3	0	0	0,000
	<i>Vochysia sp.</i>	anemo	9	0	0	0,000
	<i>Vochysia sp.2</i>	anemo	9	0	0	0,000
	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	anemo	17	48	0	0,000
	<i>sp.1</i>	indet	1	0	0	0,000
	<i>sp.2</i>	indet	1	0	0	0,000
Total			2.340	2.324.591	455.715	32,07

Tabela 2. Resultados da estatística circular para produção de frutos, biomassa de frutos maduros e porcentagem de indivíduos e espécies com frutos, por síndrome de dispersão, e respectivos ângulos médios e datas médias significativas, para a comunidade arbustivo-arbórea de uma área de cerrado *sensu stricto* no município de Itirapina, SP.

Síndrome	Fenofase	Método	Ângulo médio	Data média	Vetor r	Rayleigh (z)	Rayleigh (p)
Zoocórica	Imaturo	produção	335,38°	7/dez	0,46	167,35	0,00
		% indivíduos	336,93°	8/dez	0,48	167,43	0,00
		% espécies	323,32°	24/nov	0,52	9,33	0,00
	Maduro	produção	359,27°	31/dez	0,45	115,01	0,00
		% indivíduos	4,25°	5/jan	0,41	94,14	0,00
		% espécies	356,50°	5/jun	0,56	11,18	0,00
		biomassa	358,618°	30/dez	0,44	115,01	0,00
Anemocórica	Imaturo	produção	165,90°	18/jun	0,41	16,63	0,00
		% indivíduos	185,81°	8/jul	0,46	18,54	0,00
		% espécies	195,85°	18/jul	0,39	3,09	0,04
	Maduro	produção	221,90°	13/ago	0,52	20,65	0,00
		% indivíduos	238,21°	30/ago	0,57	21,50	0,00
		% espécies	237,66°	-	0,42	2,71	0,06
		biomassa	206,50°	29/jul	0,55	20,65	0,00
Autocórica	Imaturo	produção	59,38°	2/mar	0,66	36,42	0,00
		% indivíduos	79,23°	22/mar	0,63	33,80	0,00
		% espécies	139,63°	-	0,38	1,14	0,33
	Maduro	produção	165,33°	17/jun	0,71	37,17	0,00
		% indivíduos	170,36°	22/jun	0,58	13,42	0,00
		% espécies	182,18°	-	0,59	2,42	0,08
		biomassa	163,50°	15/jun	0,74	37,17	0,00

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Spearman ( $r_s$ ) e os respectivos valores de  $p$  entre variáveis climáticas e a produção de frutos imaturos e maduros e biomassa de frutos maduros, por síndrome de dispersão, na comunidade arbustivo-arbórea de uma área de cerrado *sensu stricto* no município de Itirapina, SP. Na área escura estão os valores significativos ( $p < 0,05$ ).

Síndrome		Temperatura média		Pluviosidade		Comprimento do dia	
		$r_s$	$p$	$r_s$	$p$	$r_s$	$p$
		Zoocórica	Imaturo	0,27	0,13	0,58	0,00
	Maduro	0,73	0,00	0,43	0,01	0,46	0,01
	Biomassa	0,30	0,10	0,08	0,66	0,25	0,17
Anemocórica	Imaturo	-0,44	0,01	-0,70	0,00	-0,83	0,00
	Maduro	-0,62	0,00	-0,78	0,00	-0,88	0,00
	Biomassa	-0,25	0,17	-0,3	0,06	-0,25	0,16
Autocórica	Imaturo	0,52	0,00	0,39	0,03	0,34	0,05
	Maduro	0,03	0,86	-0,31	0,08	-0,40	0,02
	Biomassa	-0,28	0,12	-0,3	0,09	-0,41	0,02

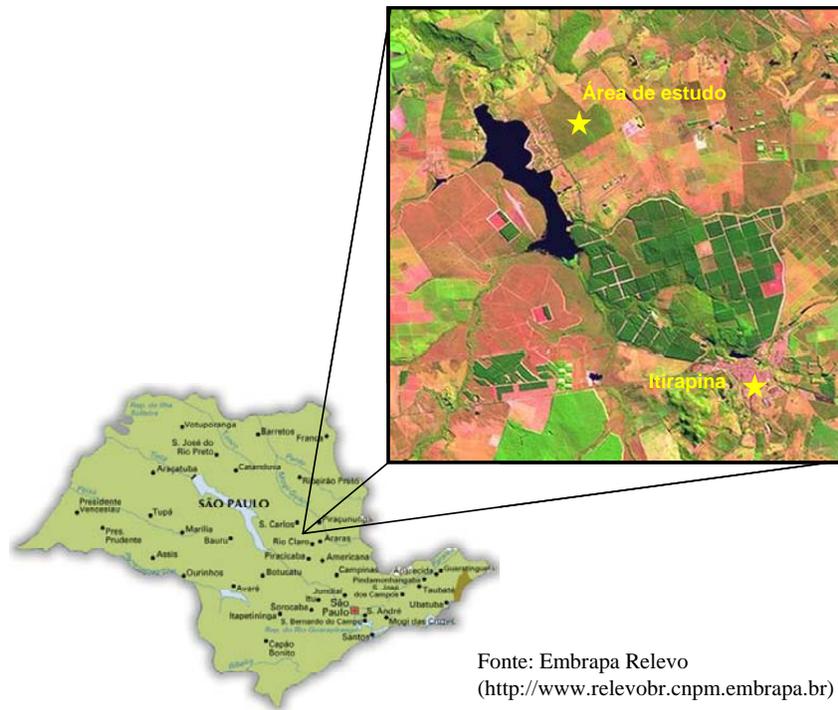


Figura 1. Localização da área de estudo no município de Itirapina – SP.

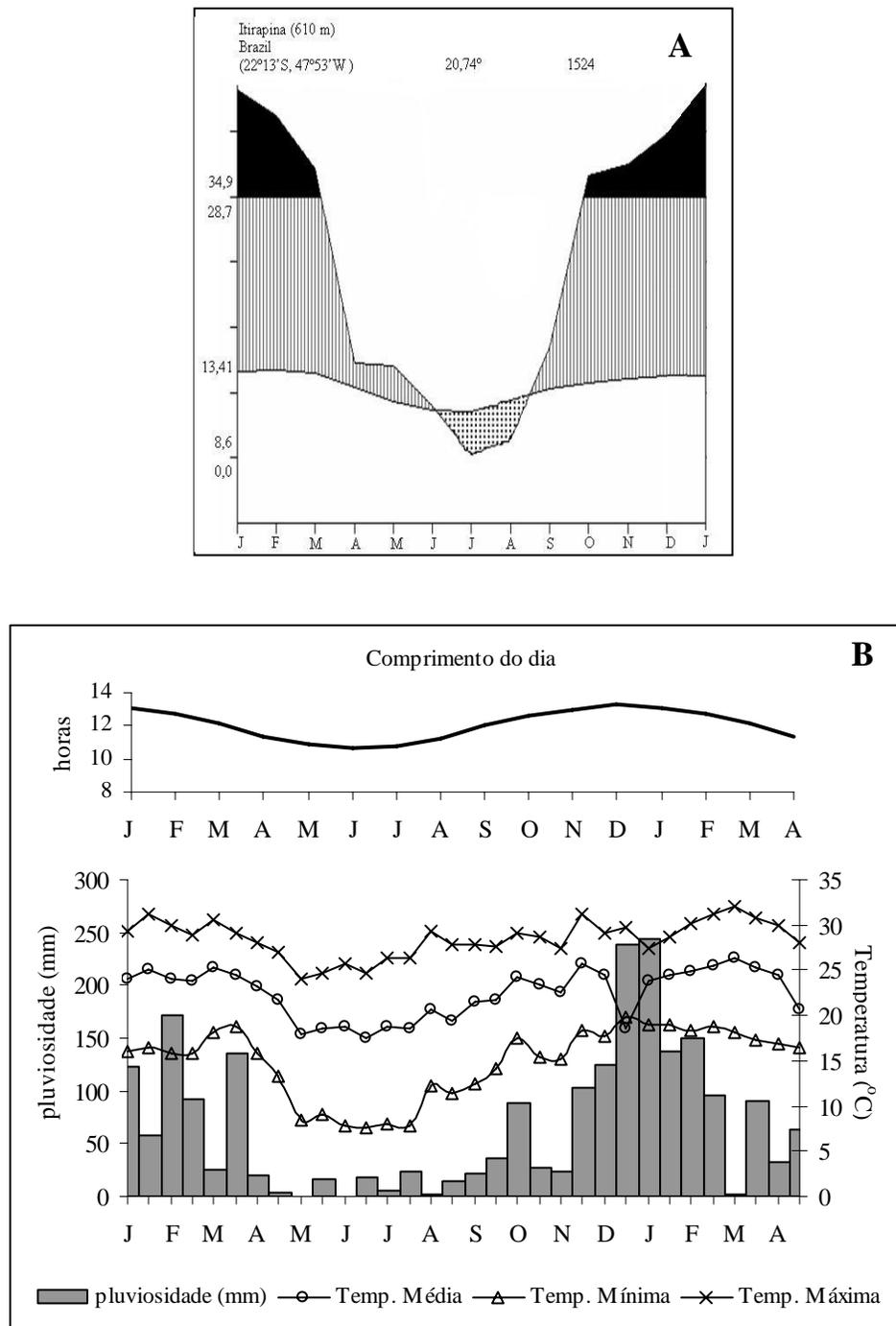


Figura 2. (A) Diagrama climático para o município de Itirapina, São Paulo, para o período de 1972 a 2002. (B) Comprimento do dia para a latitude  $24^{\circ}$ , valores de pluviosidade e temperatura para o período de estudo (janeiro de 2006 a maio de 2007). Fonte: Estação Climatológica do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA) – USP, São Carlos, localizada a 4 km da área de estudo.

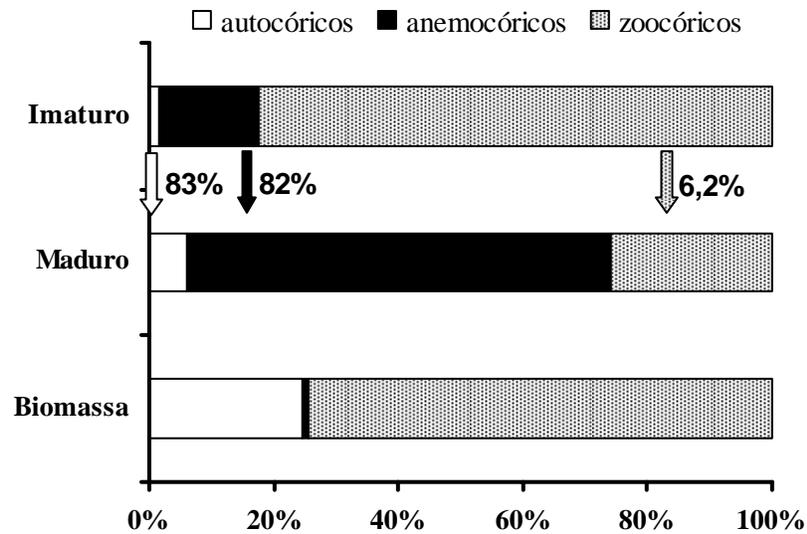


Figura 3. Proporção da produção de frutos imaturos (2.324.591 frutos), maduros (455.714 frutos) e biomassa de frutos (32,07 g/m<sup>2</sup>), por síndrome de dispersão, na comunidade arbustivo-arbórea de uma área de cerrado *sensu stricto* em Itirapina, SP. Os valores entre as barras “imaturo” e “maduro” referem-se à porcentagem de frutos imaturos registrados como maduros para cada uma das síndromes de dispersão.

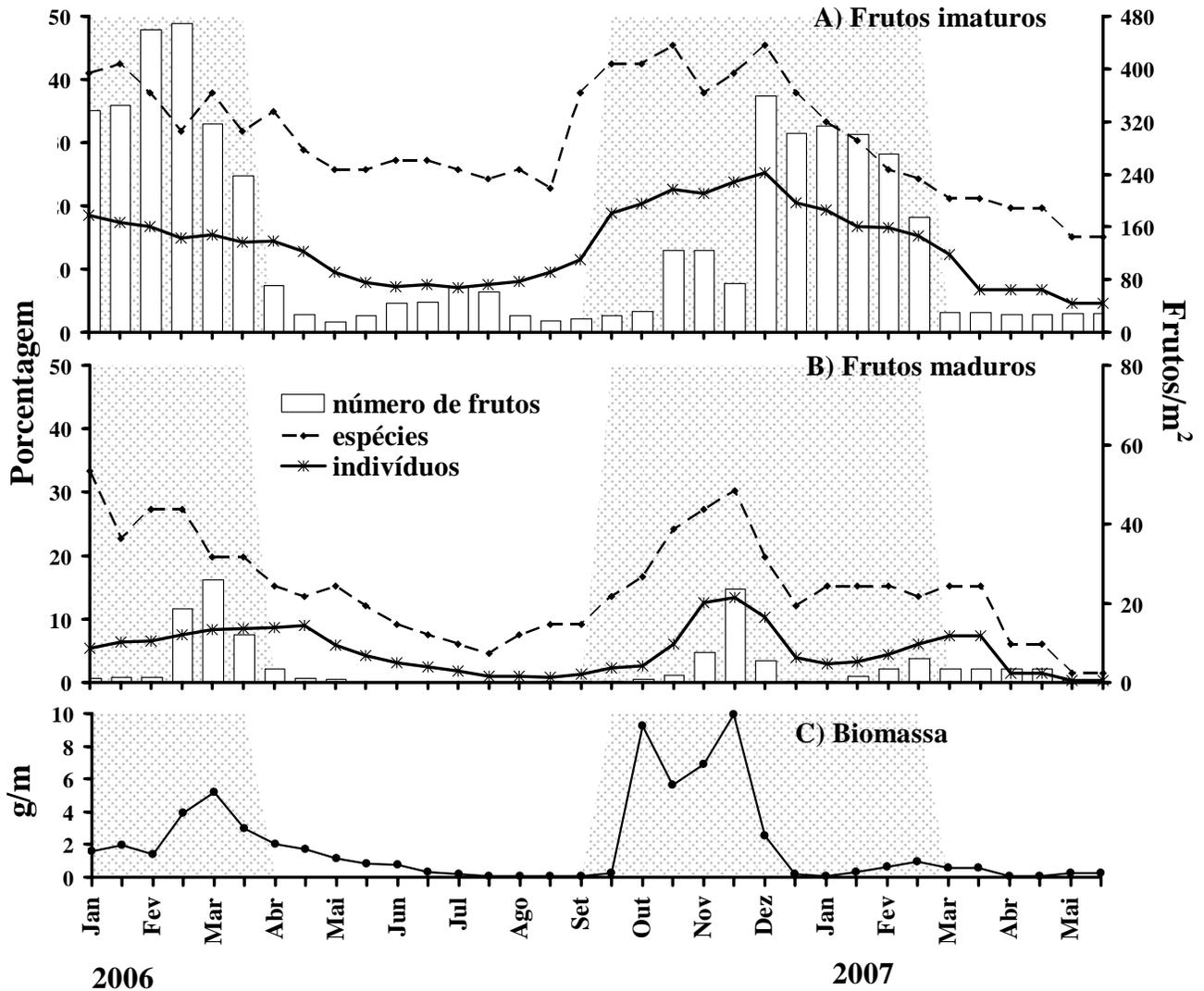


Figura 4. Padrões sazonais de frutos zoocóricos em porcentagem de espécies (n=66) e indivíduos (n=1580) e em produção em número de frutos por m<sup>2</sup> para frutos (A) imaturos, (B) maduros e (C) em biomassa de frutos maduros em g/m<sup>2</sup>. A área hachurada corresponde à estação úmida.

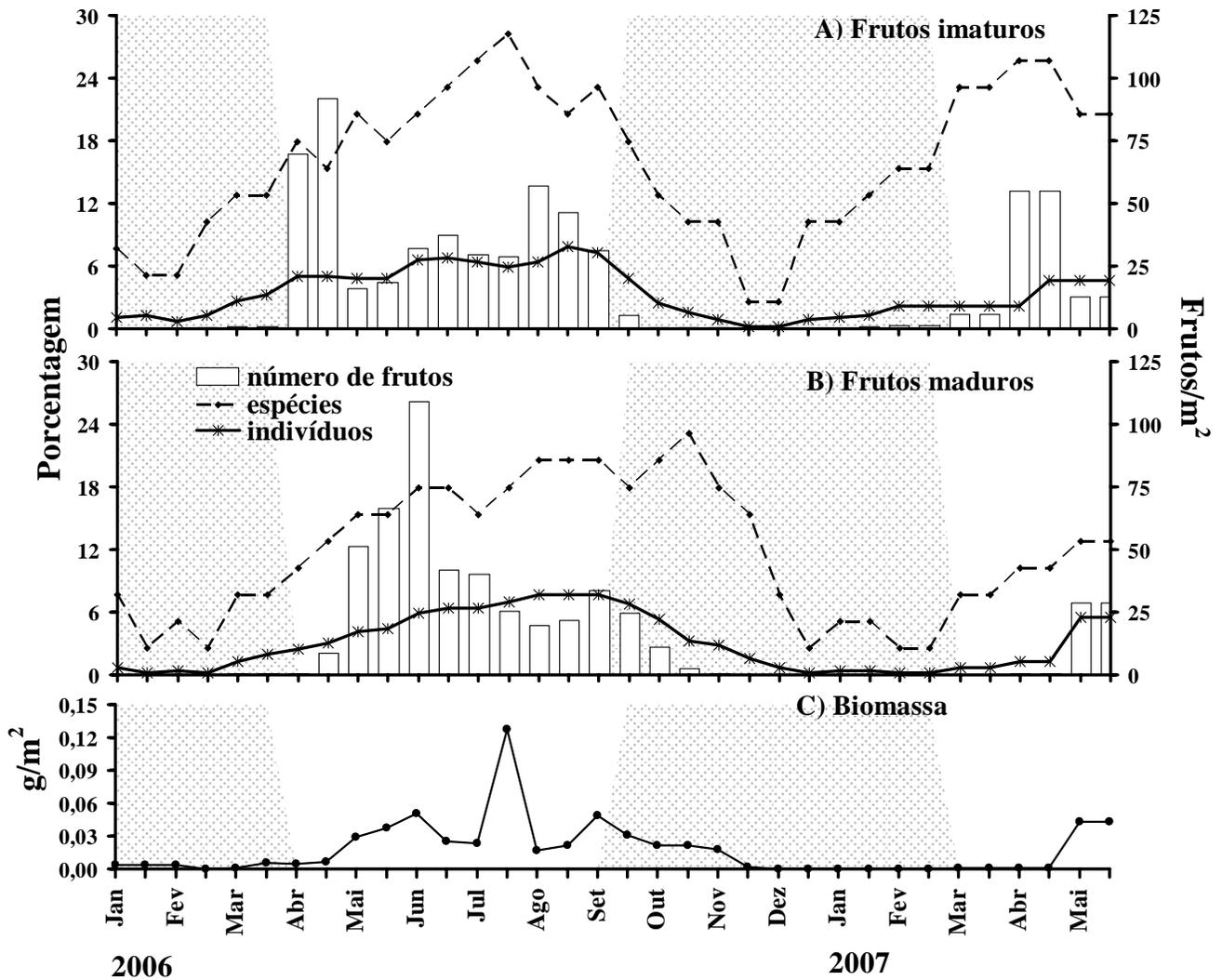


Figura 5. Padrões sazonais de frutos anemocóricos em porcentagem de espécies (n=39) e indivíduos (n=456) e em produção em número de frutos por m<sup>2</sup> para frutos (A) imaturos, (B) maduros e (C) em biomassa de frutos maduros em g/m<sup>2</sup>. A área hachurada corresponde à estação úmida.

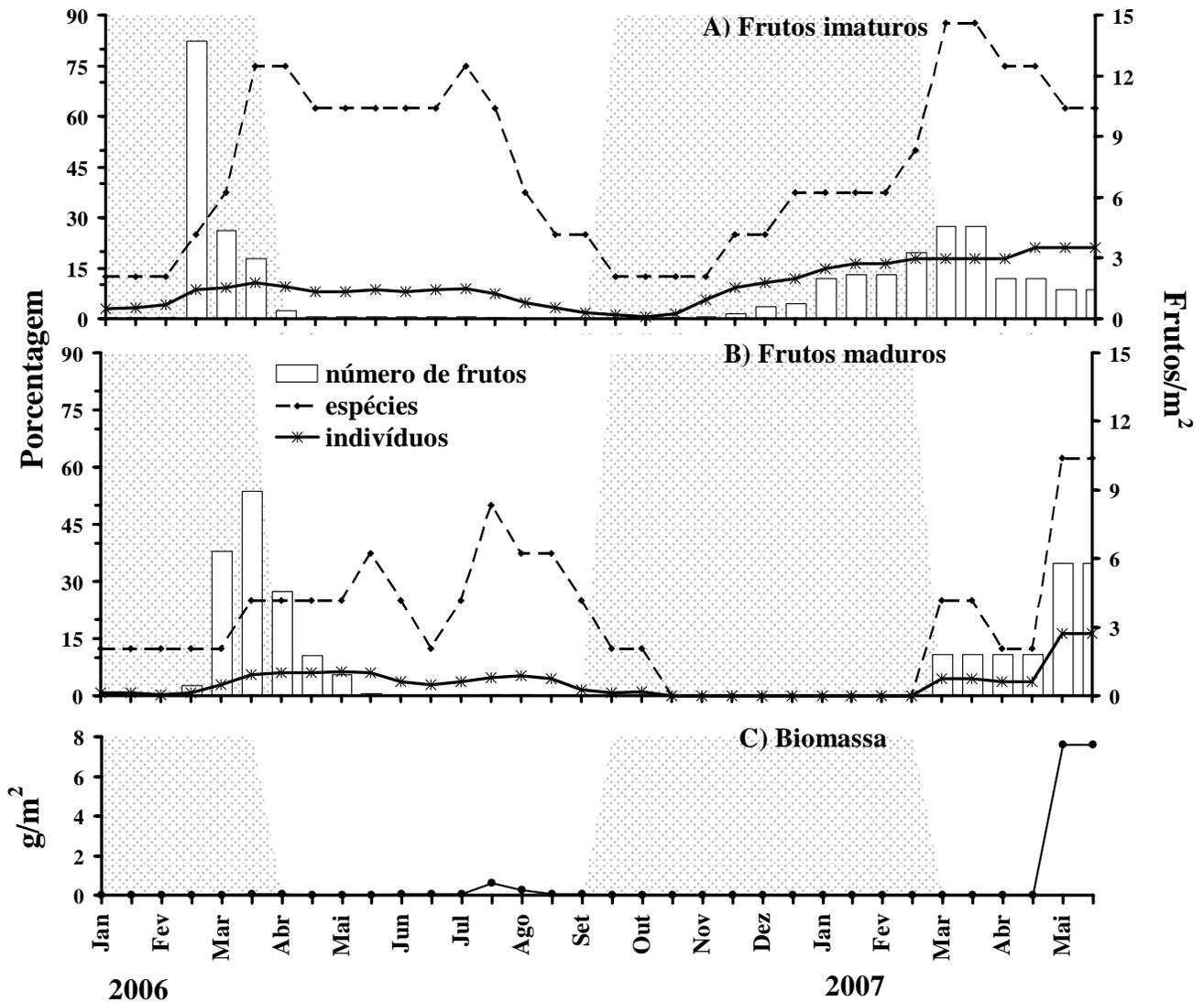


Figura 6. Padrões sazonais de frutos autocóricos em porcentagem de espécies (n=8) e indivíduos (n=270) e em produção em número de frutos por m<sup>2</sup> para frutos (A) imaturos, (B) maduros e (C) em biomassa de frutos maduros em g/m<sup>2</sup>. A área hachurada corresponde à estação úmida.

## Capítulo 2

### **Varição na fenologia e produção de frutos entre ambientes de borda e interior em uma área de cerrado *sensu stricto* no sudeste do Brasil<sup>1</sup>**

MARIA GABRIELA GUTIERREZ DE CAMARGO<sup>2,3</sup> & L. PATRÍCIA C. MORELLATO<sup>2</sup>

Título resumido: Fenologia e produção de frutos em diferentes ambientes de uma área de cerrado *sensu stricto*<sup>1</sup>

---

1. Manuscrito seguindo as normas da Revista Brasileira de Botânica

2. Grupo de Fenologia e Dispersão de Sementes da UNESP/Rio Claro. Laboratório de Fenologia, Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Unesp - Rio Claro/SP. IB, Av. 24 A, 1515 Bela Vista, Rio Claro – SP, Brasil. cep. 13506-900.

3. Autor para correspondência: gabicamargo@yahoo.com

**ABSTRACT** – (Variation on phenology and fruit production between edge and interior of a cerrado *sensu stricto* area in southeastern Brazil). Brazilian cerrado is suffering an intense fragmentation process, whose deleterious consequences includes to expose the remaining native biota to edge effects. Edge effects may increase the temperature and luminosity, and wind exposure and decrease the relative humidity in the region contacting the contrasting matrix, and may likely affect phenological patterns of the plant community. The objective of this study was to evaluate changes in (i) the proportion of species, individuals and the fruiting patterns of the wood community by dispersal syndrome, and (ii) the fruit production of wood species across habitats on the edge and in the interior of a cerrado *sensu stricto* in Southeastern Brazil. The individuals were sampled on the edges and in the interior of south and east sides of the study area on 36 transects. For each individual we performed phenological monitoring, fruit counting and estimated fruit biomass, fortnightly during the first 14 months and monthly on the last three months. There was no significant difference in the proportion of dispersal syndromes, neither in the fruiting pattern between edge and interior habitat. Both seasonal fruit production, predominantly on the wet season for zoochorous fruits and on the dry season or on the end of the wet season for the anemo and autochorous syndromes. Production of zoochorous fruits differed between edge and interior on the south side, being greater in the edge. The observed differences were more related to species composition and environmental heterogeneity than to edge influence. Significant differences occurred between the east and the others habitats, due to the greater light availability throughout the year. Studies aiming to evaluate edge influence in fragmented areas of cerrado should consider the variation of vegetation structure and luminosity, which is natural on this biome, but may be enhanced by fragmentation and other man-induced disturbance.

Key words: “cerrado”, dispersal syndromes, fruit production, phenology, edge effect

**RESUMO** – (Variação na fenologia e produção de frutos entre ambientes de borda e interior em uma área de cerrado *sensu stricto* no sudeste do Brasil). O cerrado brasileiro vem sofrendo um processo intenso de fragmentação, cujas conseqüências deletérias à biota nativa incluem os efeitos de borda, aos quais os organismos remanescentes se tornam sujeitos. Efeitos de borda incluem o aumento da temperatura e luminosidade, maior influência de ventos e a diminuição da umidade relativa na região de contato com a matriz contrastante, que podem afetar o comportamento fenológico da comunidade plantas. Este estudo teve por objetivo verificar como varia (i) a proporção de espécies e indivíduos e o padrão de frutificação na comunidade arbustivo-arbórea por síndrome de dispersão, e (ii) a produção e biomassa de frutos de espécies arbustivo-arbóreas em ambientes de borda e interior de uma área de cerrado *sensu stricto* no sudeste do Brasil. Foram amostrados os indivíduos arbustivo-arbóreos ao longo de 36 transecções, distribuídas na borda e interior das faces sul e leste da área estudo. Para cada indivíduo foi definida a síndrome de dispersão e realizado o acompanhamento fenológico, contagem de frutos e estimativa da biomassa de frutos quinzenalmente, durante 14 meses e mensalmente nos últimos três meses. Não houve diferença significativa na proporção das síndromes de dispersão nem no padrão de frutificação entre os ambientes de borda e interior, que apresentaram padrão sazonal de frutificação, predominando na estação chuvosa para frutos zoocóricos e na seca para os anemo e autocóricos. A produção de frutos zoocóricos diferiu entre borda e interior sul, sendo maior na borda. Diferenças significativas ocorreram principalmente entre a borda leste e os ambientes com vegetação mais densa da face sul, devido à maior disponibilidade de luz nesta borda ao longo de todo o ano. As diferenças observadas foram mais relacionadas à composição de espécies e heterogeneidade dos ambientes do que à influência das bordas. Portanto, estudos da influência de bordas em áreas fragmentadas de cerrado devem considerar a variação da estrutura da vegetação e da luminosidade, que ocorrem com frequência e de forma natural neste bioma, mas são alteradas pela fragmentação e outras perturbações induzidas pelo homem.

Palavras-chave: cerrado, efeito de borda, fenologia, produção de frutos, síndromes de dispersão de sementes

## INTRODUÇÃO

O estudo dos padrões de frutificação das plantas é uma importante ferramenta para entendermos a oferta de os recursos em uma comunidade, quanto ao tipo, quantidade, e distribuição no tempo e no espaço (Morellato & Leitão-Filho 1992, Develey & Peres 2000, Jordano 2000). O padrão reprodutivo das plantas, quanto à época e intensidade da produção de propágulos, define as interações entre as plantas e seus dispersores e o recrutamento de novos indivíduos (van Schaik *et al.* 1993, Schupp *et al.* 2002), com papel vital na dinâmica da espécie, comunidade e até ecossistema.

O padrão de frutificação das plantas tropicais está associado a variações de fatores climáticos, principalmente pluviosidade e temperatura, que ocorrem ao longo do ano em uma região (Morellato & Leitão-Filho 1992, van Schaik *et al.* 1993, Smith-Ramirez & Armesto 1994, Fenner 1998, Batalha & Mantovani 2000, Sakai 2001, Marques *et al.* 2004). Porém, atualmente, estudos dos padrões fenológicos têm confirmado também a influência da variação de fatores abióticos em pequena escala no comportamento das plantas, como alterações no microclima ou nas condições do solo que ocorrem ao longo do ano ou em diferentes ambientes em uma mesma área (Williams-Linera 2003, Ludwig *et al.* 2004, Dahlgren *et al.* 2007, Kilkenny & Galloway 2008, Kudo *et al.* 2008). Estas variações no microclima podem ocorrer naturalmente em uma área ou serem decorrentes de ações antrópicas como a fragmentação de áreas naturais e principalmente, aos efeitos de borda.

A fragmentação é a substituição de áreas contínuas de vegetação nativa por outros ecossistemas, com a criação de fragmentos isolados por uma paisagem modificada (Saunders *et al.* 1991, Primack & Rodrigues 2001), que leva, entre outras conseqüências, ao aumento da proporção de bordas (Kapos *et al.* 1997, Rodrigues & Nascimento 2006) e da influência de seus efeitos sobre os organismos remanescentes. O efeito de borda resulta da interação entre dois ecossistemas vizinhos, quando separados por uma transição abrupta (Murcia 1995) e provoca mudanças nas condições bióticas e microclimáticas originais de uma área (Laurance & Yensen 1991, Gehlhausen

*et al.* 2000). A intensidade do efeito de borda pode ser medida através da distância, a partir da borda, que os efeitos atuam em direção ao interior do fragmento (Murcia 1995), variando conforme as características do fragmento (Zheng & Chen 2000, Cancino 2005, Harper *et al.* 2005). Turton e Freiburger (1997) sugerem que as características da borda, como estrutura da vegetação e orientação da borda, condicionam de forma mais direta a intensidade dos efeitos de borda do que a própria distância entre borda e interior.

As alterações no microclima decorrentes do efeito de borda como o aumento da temperatura e incidência de luz, maior influência de ventos e a diminuição da umidade relativa nas bordas em relação ao interior do fragmento (Kapos *et al.* 1997, Saunders *et al.* 1999), podem afetar o comportamento fenológico das plantas (Restrepo *et al.* 1999, Landenberger & Ostergren 2002) e conseqüentemente alterar os períodos de frutificação e a produção de frutos. As condições de borda podem influenciar as interações entre plantas e animais, como herbivoria (Benitez-Malvido *et al.* 1999, Urbas *et al.* 2007, Wirth *et al.* 2007), polinização e, conseqüentemente, o sucesso reprodutivo das plantas (Aizen & Feinsinger 1994, Burgess *et al.* 2006, Ramos & Santos 2006), e a frugivoria, predação e dispersão de sementes (Cadenasso & Pickett 2001, Guariguata *et al.* 2002, Galetti *et al.* 2003, Bach & Kelly 2004, Cramer *et al.* 2007). Alguns trabalhos verificaram uma maior produção de flores ou inflorescências na borda (Landenberger & Ostergren 2002) e alterações na taxa de visitação por polinizadores na borda em relação ao interior (Aizen & Feinsinger 1994, Burgess *et al.* 2006) que podem afetar a produção de frutos pelas plantas da borda em relação ao interior de um fragmento.

A maioria dos trabalhos que estudam as conseqüências do efeito de borda geralmente são desenvolvidos em áreas de floresta, (Kapos *et al.* 1997, Laurance 2000, Laurance *et al.* 2002, Nascimento & Laurance 2006, Ramos & Santos 2006, Cramer *et al.* 2007, Urbas *et al.* 2007) e pouco se sabe a respeito da influência da borda em vegetações savânicas.

A savana brasileira, ou cerrado, permaneceu relativamente preservada até a década de 1950, quando se iniciou o processo de ocupação da região centro-oeste com a construção da capital

federal, abertura de rodovias, invasão da pecuária extensiva e a recente expansão da fronteira agrícola (Oliveira & Gibbs 2000, Capobianco 2002, Silva *et al.* 2006). Desde então, o cerrado brasileiro vem sofrendo um processo intenso de fragmentação, restando atualmente, cerca de 20% de área deste bioma em estado conservado (Capobianco 2002). Considerada a savana mais rica do mundo e o segundo bioma mais ameaçado do Brasil, no final da década de 90 o bioma cerrado passou a ser considerado um *hotspot* de biodiversidade (Myers *et al.* 2000, Klink & Machado 2005).

No Estado de São Paulo, devido ao estabelecimento de pastagens e à intensa exploração agrícola, com destaque à cana-de-açúcar e citricultura (Kronka 1998), a vegetação de cerrado cobre atualmente, menos de 7% da sua área original, sendo representado apenas por fragmentos isolados, (Durigan *et al.* 2003, Durigan *et al.* 2007) dos quais menos de 10% estão protegidos na forma de unidades de conservação (Cavassan 2002).

Os únicos trabalhos publicados que tratam do efeito de borda no cerrado são os de Pivello *et al.* (1999), que estudam a distribuição de gramíneas nativas e exóticas, a partir da borda, em direção ao centro de áreas de campo cerrado e cerrado *sensu stricto*; porém, os autores não encontraram diferenças no gradiente de distribuição, nem uma relação direta entre a presença destas gramíneas e áreas de borda.

Estudos a respeito da influência da borda na fenologia de plantas do cerrado inexistem, assim como avaliações destes efeitos na proporção das síndromes de dispersão e produção de frutos. Este trabalho teve como objetivo verificar (i) se a proporção de espécies e indivíduos e o padrão de frutificação por síndrome de dispersão na comunidade arbustivo-arbórea difere entre ambientes de borda e interior; e (ii) se a produção de frutos em número e biomassa na comunidade arbustivo-arbórea difere entre ambientes de borda e interior de uma área de cerrado *sensu stricto*, de acordo com as diferentes síndromes de dispersão.

Nos ambientes com maior abertura de dossel e mais iluminados esperamos (i) que a proporção da anemo e autocoria seja maior, devido à preferência de espécies com estas síndromes

por ambientes mais abertos e secos (Oliveira & Moreira 1992, Pinheiro & Ribeiro 2001); (ii) uma maior produção de frutos, já que a luminosidade é um fator limitante na produção e desenvolvimento dos frutos (Stephenson 1981, Kilkenny & Galloway 2008); e (iii) um padrão de frutificação mais contínuo devido a condições mais constantes de luz ao longo do ano nestes ambientes.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo - Este estudo foi realizado em uma área de cerrado *sensu stricto* (Coutinho 1978) com aproximadamente 250 hectares, a 770m de altitude (22°10'31.41''S 47°52'26.13''W), localizada na Fazenda São José da Conquista, no município de Itirapina, Estado de São Paulo (Fig. 1A). A área possui formato aproximadamente retangular, com cada uma de suas faces voltadas para um ponto cardinal, tendo diferentes matrizes: a face oeste faz contato com a rodovia de acesso à área; a face norte com uma plantação de cana-de-açúcar, que sofre queimadas periodicamente; a face sul tem como matriz uma pastagem; e a face leste com outro fragmento de cerrado e com uma pastagem, esta última face encontra-se separada de sua matriz por um aceiro de 5 a 6m de largura (Fig. 1A). As bordas do fragmento foram estabelecidas há aproximadamente 30 anos e a última queimada ocorreu há 20 anos.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo Cwa, mesotérmico úmido, com invernos secos e verões chuvosos. O diagrama climático de um período de trinta anos para o município de Itirapina mostra sazonalidade evidente, com estação seca de abril a setembro e a estação úmida de outubro a março, com média anual de pluviosidade de 1524mm e a temperatura de 20,74°C (Fig. 2A). No período de estudo (janeiro de 2006 a maio de 2007) a temperatura variou de 7 a 31°C, com temperatura média de 22 °C, o período de menor pluviosidade foi entre abril e setembro, e a maior pluviosidade foi registrada entre dezembro e fevereiro (Fig. 2B).

A vegetação é característica de um cerrado *sensu stricto* com a presença dos estratos herbáceo-subarustivo e arbustivo-arbóreo definidos (Ribeiro & Walter 1998). Árvores e eventualmente arbustos apresentam troncos retorcidos, com casca grossa e folhas coriáceas e pilosas, e evidências de queimada antiga nos troncos de algumas árvores. A altura média das árvores é cerca de 3 m, podendo chegar a até 12 m em alguns indivíduos. No estrato arbustivo-arbóreo entre as espécies mais comuns temos *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart., *Miconia rubiginosa* (Bonpl.) DC., *Anadenantera falcata* (Benth.) Speg., *Tocoyena formosa* (Cham. & Schltdl.) K. Schum. e *Bauhinia rufa* (Bong.) Steud.. Entre as herbáceo-subarustivas predominam espécies dos gêneros *Psychotria*, *Chamaecrista*, *Cococypselum* e *Talisia* além de algumas espécies das famílias Poaceae e Cyperaceae, com apenas duas espécies de palmeiras compondo este estrato, *Attalea geraensis* Barb. Rodr. e *Syagrus petraea* (Mart.) Becc..

Os ambientes com diferentes orientações (leste ou sul) apresentam diferenças evidentes e significativas quanto ao microclima e a composição florística (Reys & Morellato com. pess.). Os ambientes voltados para leste do fragmento são mais abertos e iluminados, com maior proporção de arbustos e ervas em relação aos ambientes do lado sul do fragmento, que são mais densos e úmidos, com maior frequência de árvores e mais sombreados (Fig.1B).

Amostragem dos indivíduos - Para a realização das observações fenológicas foram marcadas transecções paralelas às faces sul e leste do fragmento. Ao todo são 36 transecções, de 25 m de comprimento e 2 m de largura, distantes 50 m entre si e distribuídas da seguinte forma: 18 transecções na face sul e 18 na face leste sendo que em ambas as faces 10 transecções estão localizadas ao longo da borda e 8 no interior distantes pelo menos 100m da borda (Fig. 1C). Devido à presença de plantas invasoras, foram estabelecidas menos transecções no interior do fragmento. As transecções de borda foram estabelecidas a partir da zona de contato indo 2 metros em direção ao interior do fragmento.

Foram amostrados todos os indivíduos inseridos nos 50m<sup>2</sup> de cada transecção, com circunferência do caule a 30 cm do solo  $\geq$  3cm. Estes indivíduos foram numerados e marcados com placas de alumínio e a identificação das espécies foi realizada por comparação em herbário, com o auxílio de especialistas e bibliografia especializada. O material testemunho das espécies estudadas encontra-se depositados no Herbário Rioclarense (HRCB).

Microambiente - Medidas de temperatura (°C) e umidade relativa (%) foram coletadas na borda e no interior do fragmento, através de um aparelho eletrônico automático (datalogger – HOBO<sup>®</sup>) para caracterização dos ambientes e para verificarmos se estes diferem entre si. Estes dados foram relacionados com a produtividade dos indivíduos de cada transecção, a fim de verificar possíveis influências das condições microambientais na produção de frutos. As medidas foram tomadas durante três minutos em três pontos de cada transecção, com o aparelho programado para coletar dados a cada minuto, portanto, foram coletados nove dados de cada variável para cada transecção. As coletas foram feitas nas duas estações do ano, em agosto de 2006 para dados referentes à estação seca e em fevereiro de 2007 para a estação úmida.

Foram tiradas fotos hemisféricas para caracterizar a cobertura de dossel e a luminosidade em cada ambiente e posteriormente verificar uma possível relação com a produção de frutos. Foram tomadas três fotos em cada transecção utilizando-se uma lente “Fisheye Converter” (Nikon, modelo FC-E9) acoplada a uma câmera digital (Nikon Coolpix, modelo 8700) que foi posicionada a 1m do solo. As fotos para a estação seca foram tomadas em agosto de 2006 e em janeiro de 2007 para a estação úmida. As fotos hemisféricas foram transferidas para o software Gap Light Analyzer 2.0 (GLA), que fornece dados de estrutura do dossel (porcentagem de abertura) conforme a proporção de pixels pretos ou brancos da foto hemisférica.

Fenologia e produção de frutos - As observações fenológicas foram realizadas de janeiro de 2006 a maio de 2007, com frequência quinzenal nos 14 primeiros meses e mensal nos últimos três meses de coleta. Em cada coleta foi registrada a presença ou ausência das fenofases fruto imaturo e fruto maduro (Morellato *et al.* 1989) e estimada a produção de frutos pela contagem dos frutos para todos os indivíduos que estivessem manifestando estas fenofases. Os frutos foram contados um a um ou agrupados no caso de ocorrerem em cachos com 100 ou mais frutos ou em infrutescências, de forma a se estimar o número total de frutos produzidos por indivíduo a cada data de coleta. Dentre as espécies com frutos maduros foram escolhidos, de forma oportunística, fora das transecções, no mínimo três indivíduos de cada espécie, coletados entre 15 e 30 frutos de cada indivíduo e tomadas medidas de peso fresco em gramas para as estimativas de biomassa de frutos maduros ( $\text{g/m}^2$ ).

A produção quinzenal em número de frutos imaturos e maduros foi estimada somando-se o número de frutos contados em cada coleta, dividido pela área amostrada em cada ambiente ( $500\text{m}^2$  em cada borda e  $400\text{m}^2$  em cada interior), sendo representada pelo número frutos por  $\text{m}^2$ . A biomassa quinzenal de frutos maduros por árvore foi calculada a partir do número de frutos produzidos por indivíduo em cada quinzena multiplicado pelo peso do fruto em gramas. A biomassa total quinzenal foi calculada pela soma dos dados de biomassa de todos os indivíduos, dividida pela área amostrada em cada ambiente, sendo representada em  $\text{g/m}^2$ .

A produção total de frutos imaturos e maduros e a biomassa total de frutos maduros anual (janeiro a dezembro de 2006) e para todo o período de estudo foram calculadas somando-se o pico de produção ou biomassa de cada indivíduo (Johnson & Landers 1978). Com os dados de produção e biomassa totais foi calculada a oferta total de frutos em cada ambiente, e a contribuição nas diferentes síndromes de dispersão e de cada espécie. Foi utilizado o pico de produtividade ao invés da soma da produção do indivíduo em todo o período de estudo para que os frutos que permanecem por mais de uma quinzena na planta não fossem considerados mais de uma vez no cálculo da produção total.

As espécies acompanhadas foram classificadas de acordo com as síndromes de dispersão em anemocóricas ou com frutos dispersos pelo vento, zoocóricas com frutos dispersos por animais, ou autocóricas, quando os frutos apresentavam dispersão explosiva ou pelo peso, com base em caracteres morfológicos, conforme proposto por Pijl (1982) e utilizado em Morellato & Leitão-Filho (1992), em informações em literatura (Oliveira & Moreira 1992, Batalha & Mantovani 2000, Weiser & Godoy 2001) e observações em campo.

As descrições dos padrões fenológicos foram feitas com base (i) na porcentagem de indivíduos e espécies manifestando a fenofase; (ii) na produção (em número) de frutos imaturos e maduros; e (iv) na biomassa ( $\text{g/m}^2$ ) de frutos maduros; separadamente para cada ambiente e para cada síndrome de dispersão.

Análise de dados - Os dados coletados não apresentaram normalidade, segundo o teste de Levene (Zar 1999), principalmente devido à grande variação nos dados de produção de frutos. Portanto, análises multivariadas, como Cluster ou de componentes principais (PCA) e análises paramétricas, como análises de variância (ANOVA) ou de covariância (ANCOVA), não se adequaram aos dados coletados mesmo quando resumimos diferentes variáveis categóricas a apenas uma ou duas, submetendo os dados à transformações para ajuste à distribuição normal ou quando foram utilizadas as transecções ao invés dos indivíduos como unidade amostral.

Para a análise da variação das condições microclimáticas e de abertura de dossel entre as estações, foram calculados os coeficientes de variação para os dados de cada ambiente. Foi aplicado o teste Kruskal-Wallis (H) para (i) verificar possíveis diferenças entre ambientes nos parâmetros microclimáticos de temperatura, umidade relativa e abertura do dossel; (ii) verificar se existe diferença na proporção de espécies e indivíduos por síndromes de dispersão entre os ambientes; (iii) compararmos a produção e biomassa de frutos de cada ambiente. Estas análises foram feitas tendo os transectos como réplicas e, no caso de diferença significativa, o teste posterior de comparação

múltipla dos postos médios (Teste de Dunn - z) foi aplicado para detectarmos quais ambientes diferiram entre si.

Foi utilizado o teste Chi-quadrado ( $\chi^2$ ) aplicado a tabelas de contingência (Zar 1999) para testar se a proporção de indivíduos frutificando é independente das estações, dos ambientes e da síndrome de dispersão e também para verificar se a produção de frutos ocorre de forma independente em cada ambiente nas duas estações do ano. Nas tabelas de contingência foram utilizadas somente as estações seca e chuvosa, pois, segundo os resultados das correlações de Spearman, houve correlação significativa entre a abertura do dossel e as variáveis microclimáticas com os dados de temperatura máxima, mínima e média, e precipitação nas diferentes estações.

A hipótese de sazonalidade nos padrões de produção e biomassa de frutos, por síndrome de dispersão, em cada ambiente foi testada através de estatística circular conforme descrito por Morellato *et al.* (2000). Para detectar a existência de padrão significativamente sazonal em cada síndrome, nos diferentes ambientes, foi aplicado o teste de Rayleigh (z) que verifica a significância do ângulo médio (Zar 1999). Foram utilizados ângulos correspondentes às datas de pico de produção e de biomassa de frutos, estas datas referem-se principalmente ao ano de 2006 sendo utilizadas datas de 2007 somente para os indivíduos que não frutificaram e/ou não foi possível determinar um pico no primeiro ano de estudo. Quando o ângulo médio foi significativo, confirmando padrão sazonal, foi aplicado o teste de Watson-Williams (F) para verificar se os padrões sazonais de produção e de biomassa diferem entre os ambientes (Zar 1999).

O coeficiente de correlação de Spearman ( $r_s$ ) (Zar 1999) foi utilizado para verificarmos as relações entre a frutificação dos indivíduos de diferentes síndromes, nos diferentes ambientes, e as variáveis climáticas de temperatura, precipitação e comprimento do dia da área de estudo. A produção de frutos imaturos e maduros e de biomassa de frutos maduros a cada quinzena foi dividida pelo número de indivíduos que frutificaram na quinzena e este valor relacionado ao dado climático correspondente. Foram apresentados somente os resultados referentes à temperatura média pois os resultados foram semelhantes para as temperaturas máximas e mínimas. O coeficiente

de correlação de Spearman ( $r_s$ ) (Zar 1999) também foi utilizado para verificarmos, de acordo com a síndrome de dispersão, possíveis relações entre a produção total de frutos em cada transecção e as variáveis microclimáticas e de abertura do dossel correspondentes.

## RESULTADOS

### Caracterização dos ambientes

A borda leste apresentou as maiores médias de temperatura e a menor umidade relativa tanto na estação seca quanto na chuvosa (Fig. 3). A maior porcentagem de abertura do dossel também ocorreu na borda leste, sendo 45,8% na estação seca e 37,8% na úmida (Fig. 3).

Para os três parâmetros considerados, temperatura, umidade relativa e abertura do dossel, o teste de Dunn não detectou diferença significativa entre os ambientes com borda e interior de mesma orientação em nenhuma das estações (Tab. 1). As principais diferenças ocorreram entre a borda leste e a borda e interior sul, para todas as variáveis nas duas estações (Tab. 1). A borda leste apresentou o maior coeficiente de variação de temperatura e o menor coeficiente de variação de abertura do dossel (Tab. 2).

### Proporção de espécies e indivíduos por síndrome de dispersão

Foram amostrados 577 indivíduos de 77 espécies na borda leste, 705 indivíduos de 81 espécies no interior leste, 441 indivíduos de 81 espécies na borda sul e 617 indivíduos de 86 espécies no interior sul (Tab. 3). As principais famílias em número de indivíduos foram Fabaceae na borda e interior leste e Myrtaceae na borda e interior sul. As espécies mais abundantes foram *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e *Banisteriopsis campestris* (A. Juss.) Little na borda leste, *Erythroxylum suberosum* A. St.-Hil. no interior leste, *Miconia rubiginosa* (Bonpl.) DC. na borda sul e *Myrcia fallax* (Rich.) DC. no interior sul.

A proporção de espécies e indivíduos por síndrome de dispersão foi semelhante entre os ambientes (Fig. 4), predominando a zoocoria tanto em número de indivíduos como em número de espécies. A proporção de espécies zoocóricas chegou a 62% na borda sul e a 74% do número de indivíduos no interior sul (Fig. 4). Aproximadamente 30% das espécies e 20% indivíduos apresentaram síndrome anemocórica, e a autocoria foi a síndrome com menor proporção de espécies (8,2%) e indivíduos (11%) nos ambientes amostrados (Fig. 4). A proporção de indivíduos e espécies em cada síndrome foi semelhante, sendo representados, na Figura 4, apenas os resultados correspondentes à proporção de indivíduos. A borda leste apresentou proporção significativamente maior de espécies e indivíduos autocóricos em relação à borda e ao interior sul e a proporção de espécies zoocóricas foi maior na borda sul em relação à borda leste (Tab. 4).

#### Produção e biomassa de frutos

Frutos foram produzidos em maior número e biomassa nas bordas e nos ambientes da face leste, exceto quanto ao número de frutos imaturos, que foi maior na borda sul (1.003.629 frutos) (Fig. 5). A maior produção de frutos maduros foi observada na borda leste (336.146 frutos) e em biomassa de frutos maduros, na borda (44 g/m<sup>2</sup>) e no interior leste (44,6 g/m<sup>2</sup>) (Fig. 5). Quanto à produção total de frutos houve diferença significativa somente entre a borda e o interior sul para número de frutos maduros, que foi maior na borda (Tab. 5).

A borda leste apresentou a maior proporção de frutos maduros em relação aos imaturos produzidos (44%), seguida do interior leste (10,6%), borda sul (7,1%) e interior sul (3,5%). Em todos os ambientes esta proporção foi menor para os frutos zoocórico variando de 10,7% na borda leste a apenas 3,6% no interior sul.

A borda sul, ambiente que mais produziu frutos zoocóricos, somou um total de 967.959 frutos imaturos e 48.932 frutos maduros, diferindo significativamente do interior sul (Tab. 5). A maior produção em biomassa de frutos zoocóricos foi observada na borda leste (38,3g/m<sup>2</sup>) (Fig. 5), porém, não houve diferença significativa na biomassa de frutos maduros entre os ambientes (Tab. 5). A

espécie *Miconia rubiginosa* (Bonpl.) DC. apresentou a maior contribuição na produção de frutos imaturos zoocóricos nos quatro ambientes, representando de 27 a 91% dos frutos contados. Para frutos maduros, as espécies que mais contribuíram foram *Miconia albicans* (Sw.) Triana na borda leste (65%) e *M. rubiginosa* nos demais ambientes (29 a 92%). As maiores contribuições em biomassa foram das espécies *Pouteria torta* (Mart.) Radlk. na borda leste (43%) e nos interiores leste e sul (50 e 81%), e *M. rubiginosa* na borda sul (82%).

A produção de frutos anemocóricos ocorreu de forma mais intensa na borda leste, para frutos imaturos (294.042 frutos), maduros (277.891 frutos) e biomassa de frutos maduros (0,88g/m<sup>2</sup>) (Fig. 5), sendo significativamente maior em relação à borda e interior sul quanto à biomassa de frutos maduros (Tab. 5). Apesar do teste de Kruskal-Wallis ter encontrado diferença significativa na produção de frutos maduros anemocóricos, o teste posterior não detectou entre quais ambientes ocorreu esta diferença. As principais espécies anemocóricas na produção de frutos foram *Eupatorium laevigatum* Lam. na borda leste (60% dos imaturos e 78% dos maduros) e no interior leste (30% dos imaturos e 50% dos maduros), *Gochnatia barrosii* Cabrera na borda sul (84% dos imaturos e 79% dos maduros), e *E. laevigatum* (93% dos imaturos) e *G. barrosii* (80% dos maduros) no interior sul. As espécies que mais produziram em biomassa de frutos maduros anemocóricos foram *Dalbergia miscolobium* Benth. na borda leste (42%), *Eriotheca gracilipes* (K. Schum.) A. Robyns no interior leste (26%) e borda sul (39%), *G. barrosii* no interior sul (44%).

A borda sul apresentou a maior produção de frutos autocóricos imaturos (15.418) e maduros (13.809) (Fig. 5), sendo sua produção 12 vezes maior que a do interior sul para frutos imaturos e 64 vezes para maduros. A maior biomassa de frutos autocóricos foi produzida no interior leste com um total de 21,2 g/m<sup>2</sup>, diferindo significativamente da borda sul (Tab. 5). As espécies que mais contribuíram para a produção de frutos imaturos autocóricos foram *Lippia balansae* Briq. nas bordas leste e sul (94 e 99%) e *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. nos interiores leste e sul (59 e 98%). Para frutos maduros, *L. balansae* foi a principal espécie nas bordas leste e sul (98 e 99%) e

no interior leste (70%), e *A. falcata* foi a espécie que mais contribuiu no interior sul (97%). Quanto à biomassa, as principais espécies foram *A. falcata* na borda leste (48%) e nos interiores leste e sul (99%), e *Stryphnodendron obovatum* Benth. na borda sul (69%).

### Padrões de frutificação

Porcentagem de indivíduos - O padrão de frutificação quanto à porcentagem de indivíduos foi semelhante nos quatro ambientes e houve produção de frutos ao longo de todo o período de estudo (Fig. 6 e 7), com períodos de maior concentração e amplitude da proporção de indivíduos coincidindo para as diferentes síndromes entre os ambientes. Nenhum dos ambientes apresentou altas proporções de indivíduos frutificando, chegando, no máximo, a 35% na borda leste. A proporção de indivíduos com frutos imaturos e maduros, não foi independente das estações, do habitat e do modo de dispersão de sementes ( $\chi^2= 98$ ;  $p<0,05$  para frutos imaturos e  $\chi^2= 148$ ;  $p<0,05$  para frutos maduros).

Os indivíduos zoocóricos frutificaram principalmente na estação chuvosa (Fig. 6 e 7), e foram observados ao longo de todo o período, com exceção do mês de abril no interior sul (Fig. 7D) . A maior proporção de indivíduos zoocóricos frutificando foi observada na primeira metade da estação chuvosa, antes das chuvas mais intensas, com pico em novembro para frutos imaturos e maduros. Porém, na borda sul os indivíduos frutificaram principalmente na segunda metade da estação chuvosa, durante ou logo após o período de maior precipitação, com pico em dezembro para frutos imaturos e em fevereiro para frutos maduros (Fig. 6C e 7C). Durante a estação seca, a borda leste foi o ambiente que apresentou a maior proporção de indivíduos zoocóricos com frutos maduros (Fig. 7A).

A proporção de indivíduos anemocóricos com frutos foi baixa ao longo do ano todo, ficando concentrada na estação seca e chegando a zero, em quase todos os ambientes, nos períodos de maior pluviosidade da estação úmida (Fig. 6 e 7). Os picos na proporção de indivíduos anemocóricos com frutos imaturos foi em junho e agosto nos interiores e em setembro, final da estação seca, nas bordas. O pico de indivíduos com frutos maduros foi observado na estação seca (setembro e agosto)

na maioria dos ambientes, mas na borda sul deu-se em outubro, já na estação úmida (Fig. 7C). Nos ambientes a leste observamos indivíduos dispersando suas sementes ainda no início da estação chuvosa (Fig. 5A e 5B).

A maior proporção de indivíduos autocóricos com frutos imaturos foi observada da segunda metade da estação chuvosa até a primeira metade da estação seca, com pico em março na maioria dos ambientes (Fig. 6). Já a presença de frutos maduros foi observada principalmente na estação seca, e os picos em 2006, apesar de ocorrerem nesta estação, não coincidiram nos quatro ambientes, sendo em julho na borda leste, em maio no interior leste, em abril na borda sul e em agosto no interior sul (Fig. 7). Durante alguns meses da estação chuvosa, não observamos indivíduos autocóricos com frutos, chegando a intervalos de até 6 meses sem frutos na borda sul (Fig. 6 e 7).

Produção e biomassa de frutos – A proporção da produção de frutos imaturos ( $\chi^2= 311.832$  para zoocóricos,  $\chi^2= 46.832$  para anemocóricos,  $\chi^2= 4.427$  para autocóricos;  $p<0,001$ ), frutos maduros ( $\chi^2= 7.346$  para zoocóricos,  $\chi^2= 30.926$  para anemocóricos,  $\chi^2= 12.923$  para autocóricos;  $p<0,001$ ) e biomassa de frutos maduros ( $\chi^2= 140$  para zoocóricos,  $\chi^2= 10.214$  para anemocóricos,  $\chi^2= 1.197$  para autocóricos;  $p<0,001$ ) produzidos em cada ambiente não foi independente das estações do ano para os três modos de dispersão de sementes e foi significativamente sazonal na maioria dos ambientes (Tab. 6).

O padrão de frutificação observado para a produção de frutos foi semelhante entre os ambientes para os três modos de dispersão (Fig. 8 a 10). A produção de frutos zoocóricos foi significativamente sazonal nos quatro ambientes (Tab. 6), com diferenças significativas nas datas médias entre a borda e o interior sul para número de frutos imaturos e entre a borda sul e os interiores leste e sul para biomassa de frutos maduros (Tab. 7). Apesar da produção dos indivíduos zoocóricos ter ocorrido principalmente na estação chuvosa, o pico no número de frutos imaturos foi em julho na borda leste (102.729 frutos) (Fig. 8A). O interior leste e a borda leste produziram frutos zoocóricos de forma contínua ao longo do ano, chegando, na borda, a 34.083 frutos maduros e

biomassa de 25,15 g/m<sup>2</sup> entre novembro e dezembro (Fig. 8). A produção de frutos zoocóricos diminuiu na estação seca, chegando à zero em abril de 2007, no interior sul e no mês de maio de 2007, na borda sul (Fig. 8). Correlações significativas com o clima foram observadas principalmente para produção de frutos zoocóricos, sendo positiva entre o comprimento do dia e pluviosidade e a produção de frutos imaturos, exceto na borda leste, e entre a temperatura e comprimento do dia e a produção de frutos maduros em todos os ambientes (Tab. 8). A biomassa de frutos zoocóricos correlacionou-se de forma significativa principalmente com os dados microambientais, sendo maior nas transecções que apresentaram maior abertura de dossel, e naquelas com menor umidade relativa na estação úmida (Tab. 9).

Frutos anemocóricos não foram produzidos de forma sazonal apenas na borda sul, havendo sazonalidade significativa nos demais ambientes (Tab. 6). Diferenças significativas nas datas médias foram detectadas na biomassa de frutos maduros entre o interior sul e borda e interior leste (Tab. 7). A produção de frutos anemocóricos ocorreu principalmente na estação seca e não foi contínua em nenhum dos ambientes, com intervalos durante a estação chuvosa (Fig. 9). O número de frutos maduros anemocóricos na borda leste chegou a 181.590 frutos na primeira quinzena de junho e a 0,43 g/m<sup>2</sup> em julho. A produção e biomassa de frutos anemocóricos apresentaram correlações significativas negativas com as variáveis climáticas em quase todos os ambientes, com exceção do interior leste para produção frutos imaturos e biomassa de frutos maduros (Tab. 8). Frutos anemocóricos apresentaram correlações significativas com os dados microambientais principalmente para a produção e biomassa de frutos maduros na estação seca, que foi maior nas transecções com maior temperatura e abertura do dossel, e menor umidade relativa (Tab. 9).

Frutos maduros autocóricos foram produzidos de forma sazonal nos quatro ambientes (Tab. 6), com diferenças significativas nas datas médias de produção e biomassa de frutos maduros entre a borda sul e os demais ambientes (Tab. 7). A produção de frutos maduros autocóricos cessou durante a estação chuvosa nos quatro ambientes e também em alguns meses durante a estação seca no ambientes da face sul (Fig. 10). O pico no número de frutos autocóricos maduros na borda sul foi

de 12.348 frutos em março, com  $0,23 \text{ g/m}^2$  em agosto. Porém no interior sul, a biomassa de frutos maduros autocóricos chegou a  $8,53 \text{ g/m}^2$  em maio de 2007, sendo a maior produção em biomassa destes frutos. Em 2006 o maior número de frutos maduros autocóricos foi produzido entre março e maio nas bordas e interior leste e entre julho e agosto no interior sul (Fig. 10). Correlações significativas positivas foram observadas entre a produção de frutos imaturos autocóricos e o clima na maioria dos ambientes, e entre a produção e biomassa de frutos maduros de forma negativa, principalmente com o comprimento do dia e a pluviosidade com exceção de poucos ambientes (Tab. 8). Poucas correlações significativas foram detectadas entre a produção destes frutos e os dados microambientais, sendo observada apenas maior biomassa nas transecções com temperatura mais elevada na estação seca (Tab. 9).

## DISCUSSÃO

### Caracterização dos ambientes

As principais diferenças encontradas para as variáveis microambientais não ocorreram entre borda e interior, mas sim entre ambientes com diferentes orientações, principalmente entre a borda leste e os ambientes da face sul. Este resultado reflete a heterogeneidade observada na composição e estrutura da vegetação (obs. pess.), que é mais aberta na face leste, principalmente na borda, ficando este ambiente sujeito à maior influência da luz ao longo do ano. A orientação dos ambientes também pode levar a diferenças nas condições microclimáticas, principalmente quanto à luminosidade, podendo intensificar as alterações decorrentes do efeito de borda (Turton & Freiburger 1997)

Muitos trabalhos que estudam os efeitos de borda encontram maior temperatura e luminosidade e menor umidade na borda em relação aos ambientes mais internos em fragmentos

florestais (Matlack 1993, Cadenasso *et al.* 1997, Kapos *et al.* 1997, Didham & Lawton 1999, Saunders *et al.* 1999, Gehlhausen *et al.* 2000, Delgado *et al.* 2007). Quanto à abertura do dossel, Delgado *et al.* (2007) também encontraram maior abertura de dossel em ambientes de borda para florestas de *Pinus* e de lauráceas nas Ilhas Canárias, assim como Gehlhausen *et al.* (2000) em fragmentos de floresta mesofítica nos Estados Unidos. Porém, esta diferença não foi observada para a área de cerrado estudada.

As alterações no microclima decorrentes do efeito de borda podem ser intensificadas conforme aumenta a diferença na estrutura da vegetação fragmento remanescente e a matriz que o rodeia (Kapos 1989). Esperávamos, portanto uma maior abertura e temperatura e menor umidade relativa, na face sul do fragmento que faz contato com uma área de pastagem. Porém, a orientação e a estrutura da vegetação parecem influenciar de forma mais direta nas alterações microambientais, havendo pouca influência do tipo de matriz para esta área de cerrado.

#### Proporção de espécies e indivíduos por síndrome de dispersão

A proporção de indivíduos e espécies das diferentes síndromes de dispersão foi muito semelhante entre os quatro ambientes, predominando a zoocoria seguida da anemo e autocoria. O resultado encontrado condiz com outros levantamentos das síndromes de dispersão realizados para comunidades de plantas no cerrado (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 1983, Mantovani & Martins 1988, Batalha *et al.* 1997, Batalha & Mantovani 2000, Weiser & Godoy 2001, Batalha & Martins 2004, Tannus *et al.* 2006) e também para florestas tropicais, onde predomina a zoocoria em relação às demais síndromes de dispersão (Janson 1983, Morellato & Leitão-Filho 1992, Jordano 2000).

Apesar de não haver diferença na proporção das síndromes entre borda e interior, novamente houve diferenças significativas entre a borda leste e os ambientes da face sul, com maior proporção de indivíduos autocóricos na borda leste, ambiente onde as condições microambientais e de abertura do dossel podem favorecer a dispersão de sementes anemo e autocóricas (Oliveira & Moreira 1992, Pinheiro & Ribeiro 2001). Apesar do teste ter detectado estas diferenças significativas para a

proporção de espécies zoo e autocóricas, o número de espécies foi muito semelhante, com a borda leste apresentando apenas cinco espécies zoocóricas e uma espécie autocórica a mais que os ambientes da face sul.

### Produção de frutos

As diferenças significativas encontradas para a produção e biomassa de frutos entre os ambientes, foram referentes à produção total de frutos imaturos e maduros, maiores nas bordas de ambas as faces. A produção significativamente maior de frutos zoocóricos na borda sul em relação ao interior sul foi condicionada por diferenças na composição da vegetação, já que a abundância de *Miconia rubiginosa* na borda sul foi a maior entre os ambientes e esta espécie apresentou uma alta produção de frutos, com 92% da produção de frutos maduros zoocóricos na borda sul, e 51% da produção de frutos maduros zoocóricos da comunidade amostrada (ver capítulo 1). Esta diferença na produção de frutos zoocóricos entre borda e interior sul deixa de ser significativa quando diminuímos, ao acaso, de 46 para 28 o número de indivíduos de *M. rubiginosa* na borda sul ( $H=4,5$ ;  $p=0,21$  para frutos imaturos e  $H=7,8$ ;  $p=0,05$  para frutos maduros).

Devido à maior quantidade de frutos zoocóricos produzidos nas bordas do fragmento estudado, em relação aos interiores, estas bordas podem funcionar como importante fonte de recurso para fauna. Segundo Galetti *et al.* (2003), pode haver uma maior probabilidade de consumo de frutos na borda, como observado para frutos ornitocóricos artificiais em oito fragmentos de floresta semi-decídua. Porém, o comportamento de forrageio dos dispersores e a taxa de remoção de frutos podem ser prejudicados devidos à fragmentação e ao efeito de borda, afetando também a qualidade da dispersão das sementes e o recrutamento das espécies da comunidade vegetal (Restrepo *et al.* 1999, Moenting & Morris 2006, Cramer *et al.* 2007, Rodríguez-Cabal *et al.* 2007).

A biomassa de frutos anemo e autocóricos foi significativamente maior na borda leste e no interior leste, respectivamente, em relação aos ambientes da face sul. Este resultado pode ser consequência das condições microclimáticas e de abertura do dossel dos ambientes voltados para

leste, já que, além da disponibilidade de luz favorecer a produção de flores e frutos (Stephenson 1981, Williams-Linera 2003, Kilkenny & Galloway 2008) a maior produção de frutos anemocóricos nas transecções foi relacionada de forma significativa com maior abertura do dossel, temperatura e menor umidade relativa. A maior temperatura e menor umidade relativa dos ambientes da face leste criam também condições mais favoráveis à dispersão das sementes anemo e autocóricas (Augspurger & Franson 1987, Batalha & Martins 2004).

Alguns trabalhos que estudam os efeitos da fragmentação na reprodução das plantas registram um número significativamente maior de frutos na borda dos fragmentos, como observado por Restrepo *et al.* (1999) em uma Floresta Montana na Colômbia, e por Ramos & Santos (2005) em um fragmento de Floresta Atlântica. Esta maior produção na borda pode estar relacionada à maior intensidade da floração neste ambiente (Landenberger & Ostergren 2002, Ramos & Santos 2005) e apesar da maioria dos trabalhos encontrarem conseqüências negativas das condições de borda e da fragmentação na visitas por polinizadores às plantas e no sucesso reprodutivo (Aizen & Feinsinger 1994, Jules & Rathcke 1999, Somanathan & Borges 2000, Ramos & Santos 2006). Burgess *et al.* (2006), em uma revisão a respeito do efeito de borda na atividade dos polinizadores levantou alguns estudos que mostraram um efeito positivo da borda, com aumento das visitas de agentes polinizadores.

A maior proporção de frutos maduros em relação aos frutos imaturos registrados na borda leste em relação aos demais ambientes pode ser devida à elevada produção de frutos anemocóricos neste ambiente, síndrome que mostrou maior proporção de frutos maduros em relação aos imaturos na comunidade estudada (ver capítulo 1), mas principalmente à maior incidência de luz neste ambiente ao longo de todo o ano favorecendo a produção e o desenvolvimento de frutos das diferentes síndromes (Stephenson 1981, Kilkenny & Galloway 2008). Bach e Kelly (2004) encontraram um maior número de aborto de frutos de uma espécie de Loranthaceae no interior em relação às bordas de uma floresta na Nova Zelândia. Segundo os autores, no interior, onde a luminosidade é mais baixa, as plantas com flores danificadas por herbívoros abortaram seus frutos,

enquanto na borda as plantas com sementes danificadas, por decorrência da predação de flores, continuaram amadurecendo seus frutos.

### Padrões de frutificação

Não foram detectadas diferenças importantes no padrão de frutificação entre os ambientes tanto para porcentagem de indivíduos quanto para número e biomassa de frutos. O padrão de produção e biomassa de frutos foi sazonal em quase todos os ambientes e ficou condicionada às estações do ano de acordo com as diferentes síndromes de dispersão. As correlações com o clima também confirmaram esta forte influência da sazonalidade, principalmente na produção de frutos. A frutificação das espécies anemo e autocóricas principalmente na estação seca e das espécies zocóricas na estação mais chuvosa do ano, é observada na maioria dos trabalhos de fenologia de plantas do cerrado baseados em dados qualitativos ou em classes de intensidade da frutificação (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger 1983, Mantovani & Martins 1988, Oliveira & Moreira 1992, Miranda 1995, Batalha & Mantovani 2000, Batalha & Martins 2004, Lenza & Klink 2006), e foi detectado também para os padrões sazonais baseados na quantificação direta dos frutos feita no presente estudo. Esta evidente variação sazonal no comportamento das plantas do cerrado, ocorre também na produção de folhas e flores, sendo considerada uma estratégia adaptativa das plantas deste bioma (Oliveira & Sazima 1990, van Schaik *et al.* 1993, Coutinho 2002).

Dentre as diferentes síndromes, somente a frutificação de indivíduos zoocóricos, mesmo sendo significativamente sazonal, foi contínua ao longo do ano, confirmando a importância destes frutos como fonte de recursos para consumidores primários na área de estudo (ver capítulo 1). A borda e o interior leste apresentaram alta produção de frutos maduros zoocóricos mesmo na estação seca, podendo esta face ser importante fonte deste recurso em períodos de escassez.

Na borda leste, a produção de frutos imaturos zoocóricos ocorreu de forma mais constante, e os intervalos sem espécies auto e anemocóricas frutificando foram mais curtos em relação aos demais ambientes. Este resultado pode ser conseqüência da maior abertura de dossel e temperatura

neste ambiente, além de condições mais constantes de luz, devido à baixa variação na abertura do dossel entre as estações do ano, ocorrendo, portanto, uma menor limitação por luz e temperatura, fatores que afetam de forma direta a fenologia e reprodução das plantas (Stephenson 1981, Dahlgren *et al.* 2007, Kilkenny & Galloway 2008). Além disso, a alta temperatura e incidência de luz nesta borda ao longo de todo o ano favorecem não só a produção, mas também a dispersão de sementes anemo e autocóricas (Augspurger & Franson 1987, Batalha & Martins 2004). A diferença observada entre as datas médias de pico de produção e biomassa de frutos zoocóricos da borda sul e interior sul foi consequência do padrão de frutificação neste ambiente ter sido condicionado pelos indivíduos de *Miconia rubiginosa*, espécie mais abundante e que mais produziu frutos nesta borda. Esta diferença entre borda e interior sul deixa de ser significativa quando diminuímos, ao acaso, de 46 para 20 o número de indivíduos de *M. rubiginosa* na borda sul ( $F= 1,49$ ;  $p= 0,164$  para frutos imaturos,  $F= 3,58$ ;  $p= 0,06$  para frutos maduros e  $F= 3,34$ ;  $p= 0,07$  para biomassa de frutos maduros).

Os poucos trabalhos que relacionaram o padrão fenológico das plantas com efeito de borda ou com outras variações do ambiente decorrentes da fragmentação encontram pouca ou nenhuma alteração na fenologia (Murcia 1996, Laurance *et al.* 2003, Williams-Linera 2003, Ramos & Santos 2005, 2006). Estudos desenvolvidos neste fragmento de cerrado em Itirapina também não encontraram diferenças significativas entre borda e interior na fenologia de *Anadenanthera falcata* (Athayde 2007) e de duas espécies de palmeiras do estrato inferior (Athayde 2007, Quevedo 2007). Porém, estudos recentes têm encontrado forte influência dos fatores microambientais, como luz e temperatura, na fenologia das plantas, como observado por Kudo *et al.* (2008) em uma floresta decídua no Japão, onde o comportamento fenológico de espécies de herbáceas foi fortemente associado às variações nas condições de abertura do dossel ao longo do ano, e por Dahlgren *et al.* (2007) em uma floresta na Suécia, onde padrão de floração de uma herbácea foi fortemente relacionado à temperatura e abertura do dossel.

A influência da borda na composição da vegetação, quanto à proporção das espécies e indivíduos por síndrome, na fenologia da frutificação e na produção de frutos foi baixa ou inexistente para área de cerrado *sensu stricto* estudada. A maior produção de frutos nas bordas, foi mais relacionada à sua face de exposição e condições estruturais. Este estudo mostrou uma influência significativa da luminosidade no padrão fenológico, produção e maturação dos frutos, entre a borda leste e os ambientes com dossel mais fechado e menos iluminados da face sul. A importância da orientação e estrutura da vegetação condicionando os efeitos de borda foi sugerida por Turton & Freiburger (1997) e é confirmada neste estudo. A borda sul, mesmo tendo uma área de pasto como matriz, apresenta vegetação mais fechada e menor incidência e exposição à luz ao longo dia, o que reduz os efeitos de borda, as alterações do microambiente e seus efeitos na fenologia e produção de frutos pelas plantas.

Portanto, estudos de fragmentação em áreas de cerrado devem considerar também a variação da estrutura da vegetação e condições de exposição à luz que ocorrem com frequência e de forma natural neste bioma (Eiten 1972, Coutinho 2002, Silva *et al.* 2006) e são intensificados pela fragmentação.

Agradecimentos – Este trabalho recebeu apoio financeiro da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq). Agradecemos à Paula Reys por disponibilizar dados inéditos e pela ajuda durante desenvolvimento deste trabalho. Aos proprietários da Fazenda São José da Conquista por permitirem a realização do trabalho de campo nesta área. Ao Dr. Luis Fernando Alberti e ao Prof. Dr. Antonio Carlos Simões Pião pela ajuda com as análises estatísticas. MGGC recebeu bolsa de mestrado da FAPESP (proc. 05/57740-0) e LPCM é bolsista de produtividade em Pesquisa do CNPq.

**REFERÊNCIAS**

- AIZEN, M.A. & FEINSINGER, P. 1994. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco Dry Forest, Argentina. *Ecology* 75:330-351.
- ATHAYDE, E.A. 2007. Influência da borda e do isolamento na fenológica e no sucesso reprodutivo de *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. (Fabaceae) em uma região de cerrado stricto sensu, Itirapina, São Paulo. 41f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- AUGSPURGER, C.K. & FRANSON, S.E. 1987. Wind dispersal of artificial fruits varying in mass, area, and morphology. *Ecology* 68:27-42.
- BACH, C.E. & KELLY, D. 2004. Effects of forest edges on herbivory in a New Zealand mistletoe, *Alepis flavida*. *New Zealand Journal of Ecology* 28:195-205.
- BATALHA, M.A., ARAGAKI, S. & MANTOVANI, W. 1997. Variações fenológicas das espécies do cerrado em Emas (Pirassununga, SP). *Acta Botanica Brasilica* 11:61-78.
- BATALHA, M.A. & MANTOVANI, W. 2000. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pe-de-Gigante reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. *Revista Brasileira de Biologia* 60:129-145.
- BATALHA, M.A. & MARTINS, F.R. 2004. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). *Australian Journal of Botany* 52:149-161.
- BENITEZ-MALVIDO, J., GARCÍA-GUZMÁN, G. & KOSSMANN-FERRAZ, I.D. 1999. Leaf-fungal incidence and herbivory on tree seedlings in tropical rainforest fragments: an experimental study. *Biological Conservation* 91:143-150.
- BURGESS, V.J., KELLY, D., ROBERTSON, A.W. & LADLEY, J.J. 2006. Positive effects of forest edges on plant reproduction: literature review and a case study of bee visitation to

- flowers of *Peraxilla tetrapetala* (Loranthaceae). *New Zealand Journal of Ecology* 30:179-190.
- CADENASSO, M.L., TRAYNOR, M.M. & PICKETT, S.T.A. 1997. Functional location of forest edges: gradients of multiple physical factors. *Canadian Journal of Forest Research* 27:774-782.
- CADENASSO, M.L. & PICKETT, S.T.A. 2001. Effect of edge structure on the flux of species into forest interiors. *Conservation Biology* 15:91-97.
- CANCINO, J. 2005. Modelling the edge effect in even-aged Monterey pine (*Pinus radiata* D. Don) stands. *Forest Ecology and Management* 210:159-172.
- CAPOBIANCO, J.P.R. 2002. Artigo-base sobre os biomas brasileiros. *In Meio ambiente Brasil: avanços e obstáculos pós-Rio-92* (A. Camargo, J.P.R. Capobianco & J.P.A. Oliveira, orgs.). Estação Liberdade, Instituto Sócio Ambiental, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo/ Rio de Janeiro, p.117-156
- CAVASSAN, O. 2002. O cerrado do Estado de São Paulo. *In Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois* (A.L. Klein, org.). Editora Unesp/ Imprensa Oficial do Estado, São Paulo, p.93-106
- COUTINHO, L.M. 1978. O conceito do cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1:17-23.
- COUTINHO, L.M. 2002. O Bioma Cerrado. *In Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois* (A.L. Klein, org.). Editora UNESP, Imprensa Oficial do Estado, São Paulo, p.77-91
- CRAMER, J.M., MESQUITA, R.C.G., BENTOS, T.V., MOSER, B. & WILLIAMSON, G.B. 2007. Forest fragmentation reduces seed dispersal of *Duckeodendron cestroides*, a Central Amazon endemic. *Biotropica* 39:709-718.
- DAHLGREN, J.P., ZEIPPEL, H.V. & EHRLÉN, J. 2007. Variation in vegetative and flowering phenology in a forest herb caused by environmental heterogeneity. *American Journal of Botany* 94:1570-1576.

- DELGADO, J.D., ARROYO, N.L., ARÉVALO, J.R. & FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M. 2007. Edge effects of roads on temperature, light, canopy cover, and canopy height in laurel and pine forests (Tenerife, Canary Islands). *Landscape and Urban Planning* 81:328-340.
- DEVELEY, P.F. & PERES, C.A. 2000. Resource seasonality and the structure of mixed species bird flocks in a coastal Atlantic forest of southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 16:33-53.
- DIDHAM, R.K. & LAWTON, J.H. 1999. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in Tropical Forest fragments. *Biotropica* 31:17-30.
- DURIGAN, G., SIQUEIRA, M.F., FRANCO, G.A.D.C., BRIDGEWATER, S. & RATTER, J.A. 2003. The vegetation of priority areas for cerrado conservation in São Paulo State, Brazil. *Edinburgh Journal of Botany* 60:217-241.
- DURIGAN, G., SIQUEIRA, M.F. & FRANCO, G.A.D.C. 2007. Threats to the cerrado remnants of the state of São Paulo, Brazil. *Scientia Agricola* 64:355-363.
- EITEN, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review* 38:201-341.
- FENNER, M. 1998. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics* 1:78-91.
- GALETTI, M., ALVES-COSTA, C.P. & CAZETTA, E. 2003. Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithocoric fruits. *Biological Conservation* 111:269-273.
- GEHLHAUSEN, S.M., SCHWARTZ, M.W. & AUGSPURGER, C.K. 2000. Vegetation and microclimatic edge effects in two mixed-mesophytic forest fragments. *Plant Ecology* 147:21-35.
- GOTTSBERGER, G. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 1983. Dispersal and distribution in the cerrado vegetation of Brazil. *Sonderbd. naturwiss. Ver. Hamburg* 7:315-352.
- GUARIGUATA, M.R., CLAIRE, H.A. & JONES, G. 2002. Tree seed fate in a logged and fragmented forest landscape, Northeastern Costa Rica. *Biotropica* 34:405-415.

- HARPER, K.A., MACDONALD, S.E., BURTON, P.J., CHEN, J., BROSOFSKE, K.D., SAUNDERS, S.C., EUSKIRCHEN, E.S., ROBERTS, D., JAITEH, M.S. & ESSEEN, P. 2005. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology* 19:768-782.
- JANSON, C.H. 1983. Adaptation of Fruit Morphology to Dispersal Agents in a Neotropical Forest. *Science* 219:187-189.
- JOHNSON, A.S. & LANDERS, J.L. 1978. Fruit production in slash pine plantations in Georgia. *The Journal of Wildlife Management* 42:606-613.
- JORDANO, P. 2000. Fruits and frugivory. *In* *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* (M. Fenner, ed.). CABI Publ., Wallingford, p.125-166
- JULES, E.S. & RATHCKE, B.J. 1999. Mechanisms of reduced *Trillium* recruitment along edges of old-growth forest fragments. *Conservation Biology* 13:784-793.
- KAPOS, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon *Journal of Tropical Ecology* 5:173-185.
- KAPOS, V., WANDELLI, E., CAMARGO, J.L. & GANADE, G. 1997. Edge-related changes in environmental and plant responses due to forest fragmentation in Central Amazonia. *In* *Tropical forest remnants* (W.F. Laurance & R.O. Bierregaard, eds.). Chicago University Press, Chicago, p.33-44
- KILKENNY, F.F. & GALLOWAY, L.F. 2008. Reproductive success in varying light environments: direct and indirect effects of light on plants and pollinators. *Oecologia* 155:247-255.
- KLINK, C.A. & MACHADO, R.B. 2005. Conservation of the Brazilian cerrado. *Conservation Biology* 19:707-713.
- KÖPPEN, W. 1948. *Climatologia*. Fondo Cultura Economica, Mexico City,
- KRONKA, F.J.N. 1998. Áreas de domínio do cerrado no Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, p.98.

- KUDO, G., IDA, T.Y. & TANI, T. 2008. Linkages between phenology, pollination, photosynthesis and reproduction in deciduous forest understory plants. *Ecology* 89:321-331.
- LANDENBERGER, R.E. & OSTERGREN, D.A. 2002. *Eupatorium rugosum* (Asteraceae) flowering as an indicator of edge effect from clearcutting in mixed-mesophytic forest. *Forest Ecology and Management* 155:55-68.
- LAURANCE, W.F. & YENSEN, E. 1991. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. *Biodiversity and Conservation* 55:77-92.
- LAURANCE, W.F. 2000. Do edge effects occur over large spatial scales? *Trends in Ecology and Evolution* 15:134-135.
- LAURANCE, W.F., LOVEJOY, T.E., VASCONCELOS, H.L., BRUNA, E.M., DIDHAM, R.K., STOUFFER, S.G., GASCON, C., BIERREGAARD, R.O., LAURANCE, S.G. & SAMPAIO, E. 2002. Ecosystem decay of amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology* 16:605-618.
- LAURANCE, W.F., MERONA, J.M.R., ANDRADE, A., LAURANCE, S.G., D'ANGELO, S., LOVEJOY, T.E. & VASCONCELOS, H.L. 2003. Rain-forest fragmentation and the phenology of Amazonian tree communities. *Journal of Tropical Ecology* 19:343-347.
- LENZA, E. & KLINK, C.A. 2006. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 29:627-638.
- LUDWIG, F., KROON, H., BERENDSE, F. & PRINS, H.H.T. 2004. The influence of savanna trees on nutrient, water and light availability and the understorey vegetation. *Plant Ecology* 170:93-105.
- MANTOVANI, W. & MARTINS, F.R. 1988. Variações fenológicas das espécies do cerrado da reserva biológica de Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 11:101-112.

- MARQUES, M.C.M., ROPER, J.J. & SALVALAGGIO, A.P.B. 2004. Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brazil. *Plant Ecology* 173:203-213.
- MATLACK, G.R. 1993. Microenvironment variation within and among forest edge sites in the eastern United States. *Biological Conservation* 66:185-194.
- MIRANDA, I.S. 1995. Fenologia do estrato arbóreo de uma comunidade de cerrado em Alter-do-Chão, PA. *Revista Brasileira de Botânica* 18:235-240.
- MOENTING, A.E. & MORRIS, D.W. 2006. Disturbance and habitat use: is edge more important than area? *Oikos* 115:23-32.
- MORELLATO, L.P.C., RODRIGUES, R.R., LEITÃO-FILHO, H.F. & JOLY, A.C. 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 12:85-98.
- MORELLATO, L.P.C. & LEITÃO-FILHO, H.F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. *In* História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil (L.P.C. Morellato, org.). Editora da Unicamp - FAPESP, Campinas, p.112-140
- MORELLATO, L.P.C., TALORA, D.C., TAKAHASI, A., BENCKE, C.C., ROMERA, E.C. & ZIPPARRO, V.B. 2000. Phenology of Atlantic rain forest trees: A comparative study. *Biotropica* 32:811-823.
- MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10:58-62.
- MURCIA, C. 1996. Forest fragmentation and the pollination of neotropical plants. *In* Forest patches in tropical landscapes (J. Schelhas & R. Greenberg, eds.). Island Press, Washington, p.19-36
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.

- NASCIMENTO, H.E.M. & LAURANCE, W.F. 2006. Area and edge effects on forest structure in Amazonian forest fragments after 13-17 years of isolation. *Acta Amazonica* 36:183-192.
- OLIVEIRA, P.E. & GIBBS, P.E. 2000. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. *Flora* 195:311-329.
- OLIVEIRA, P.E.A.M. & MOREIRA, A.G. 1992. Anemocoria em espécies de cerrado e mata de galeria de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 15:163-174.
- OLIVEIRA, P.E.A.M.D. & SAZIMA, M. 1990. Pollination biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) from Brazilian Cerrado vegetation. *Plant Systematics and Evolution* 172:35-49.
- PIJL, L.V.D. 1982. Principles of dispersal in higher plants. Springer-Verlag, Berlin,
- PINHEIRO, F. & RIBEIRO, J.F. 2001. Síndromes de dispersão de sementes em matas de galeria do Distrito Federal. *In* Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria (J.F. Ribeiro, C.E.L. Fonseca & J.C. SOUSA-SILVA, eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p.335-375
- PIVELLO, V.R., CARVALHO, V.M.C., LOPES, P.F., PECCININI, A.A. & ROSSO, S. 1999. Abundance and distribution of native and alien grasses in a Cerrado (Brazilian Savanna) biological reserve. *Biotropica* 31:71-82.
- PRIMACK, R.B. & RODRIGUES, E. 2001. *Biologia da conservação*. E. Rodrigues, Londrina,
- QUEVEDO, A.E.A. 2007. Reproductive phenology and fruit set of *Attalea geraensis* and *Syagrus petraea* (Arecaceae) on the edge and interior of a cerrado fragment. 35f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- RAMOS, F.N. & SANTOS, F.A.M. 2005. Phenology of *Psychotria tenuinervis* (Rubiaceae) in Atlantic forest fragments: fragment and habitat scales. *Canadian Journal of Botany* 85:1305-1316.

- RAMOS, F.N. & SANTOS, F.A.M. 2006. Floral visitors and pollination of *Psychotria tenuinervis* (Rubiaceae): distance from the anthropogenic and natural edges of an Atlantic Forest fragment. *Biotropica* 38:383-389.
- RESTREPO, C., GOMEZ, N. & HEREDIA, S. 1999. Anthropogenic edges, treefall gaps, and fruit-frugivore interactions in a Neotropical Montane Forest. *Ecology* 80:668-685.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In* Cerrado: ambiente e flora (S.M. Sano & S.P. Almeida, eds.). EMBRAPA-CPAC, Planaltina, p.89-152
- RODRIGUES, P.J.F.P. & NASCIMENTO, M.T. 2006. Fragmentação florestas: breves considerações teóricas sobre efeitos de borda. *Rodriguésia* 57:63-74.
- RODRÍGUEZ-CABAL, M.A., AIZEN, M.A. & NOVARO, A.J. 2007. Habitat fragmentation disrupts a plant-disperser mutualism in the temperate forest of South America *Biological Conservation* 139:195-202.
- SAKAI, S. 2001. Phenological diversity in tropical forests. *Population Ecology* 43:77-86.
- SAUNDERS, D.A., HOBBS, R.J. & MARGULES, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5:18-32.
- SAUNDERS, S.C., CHEN, J., DRUMMER, T.D. & CROW, T.R. 1999. Modeling temperature gradients across edges over time in a managed landscape. *Forest Ecology and Management* 117:17-31.
- SCHUPP, E.W., MILLERON, T. & RUSSO, S. 2002. Dissemination limitation and the origin and maintenance of species-rich tropical forests. *In* Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation (D.J. LEVEY, W.R. SILVA & M. GALLETI, eds.). CABI Publishing, New York, p.19-33
- SILVA, J.F., FARIÑAS, M.R., FELFILI, J.M. & KLINK, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. *Journal of Biogeography* 33:536-548.

- SMITH-RAMIREZ, C. & ARMESTO, J.J. 1994. Flowering and fruiting patterns in the Temperate Rain-Forest of Chiloe, Chile - ecologies and climatic constraints. *Journal of Ecology* 82:353-365.
- SOMANATHAN, H. & BORGES, R.M. 2000. Influence of exploitation on population structure, spatial distribution and reproductive success of dioecious species in a fragmented cloud forest in India. *Biological Conservation* 94:243-256.
- STEPHENSON, A.G. 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Annual Review in Ecology and Systematics* 12:253-279.
- TANNUS, J.L.S., ASSIS, M.A. & MORELLATO, L.P. 2006. Reproductive phenology in dry and wet grassland in an area of Cerrado at Southeastern Brazil, Itirapina - SP. *Biota Neotropica* 6:
- TURTON, S.M. & FREIBURGER, H.J. 1997. Edge and aspect effects in the microclimate of a small Tropical Forest remnant on the Atherton Tableland, Northeastern Australia. *In* Tropical forest remnants (W.F. Laurance & R.O. Bierregaard, eds.). Chicago University Press, Chicago, p.33-44
- URBAS, P., ARAÚJO JR., M.V., LEAL, I.R. & WIRTH, R. 2007. Cutting more from cut forests: edge effects on foraging and herbivory of leaf-cutting ants in Brazil. *Biotropica* 39:489-495.
- VAN SCHAIK, C.P., TERBORGH, J.W. & WRIGHT, S.J. 1993. The phenology of Tropical Forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24:353-377.
- WEISER, V.D.L. & GODOY, S.A.P.D. 2001. Florística em um hectare de cerrado stricto sensu na ARIE - cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. *Acta Botanica Brasilica* 15:201-212.
- WILLIAMS-LINERA, G. 2003. Temporal and spatial phenological variation of understory shrubs in a tropical montane cloud forest. *Biotropica* 35:28-36.

- WIRTH, R., MEYER, S.T., LEAL, I.R. & TABARELLI, M. 2007. Plant herbivore interactions at the forest edge *Progress in Botany* 69:423-448.
- ZAR, H.J. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, New Jersey,
- ZHENG, D. & CHEN, J. 2000. Edge effects in fragmented landscapes: a generic model for delineating area of edge influences (D-AEI). *Ecological Modelling* 132:175-190.

## TABELAS E FIGURAS

Tabela 1. Valores do teste Kruskal-Wallis (H) e do teste de Dunn (z), para os parâmetros microambientais e de abertura do dossel para os ambientes: (BL) borda leste, (BS) borda sul, (IL) interior leste e (IS) interior sul.

Estação	Variável	Kruskal-Wallis		Teste de Dunn					
		H	p	BL X IL	BS X IS	BLXBS	BLXIS	BSXIL	ILXIS
Seca	Temperatura	27,03	0,00*	1,65	1,34	4,95**	3,33**	3,01*	1,59
	Umidade	24,64	0,00*	1,87	0,34	4,46**	3,87**	2,34	1,90
	Dossel	20,04	0,00*	1,44	1,44	2,97*	4,24**	1,36	2,66*
Úmida	Temperatura	11,02	0,01*	1,22	0,33	2,71*	2,88*	1,33	1,58
	Umidade	10,02	0,00*	1,43	0,98	3,19**	3,99**	1,58	2,43
	Dossel	19,10	0,00*	2,33	0,83	3,40**	4,03**	0,88	1,61

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,01$

Tabela 2. Coeficientes de variação dos parâmetros microambientais e de abertura do dossel nos ambientes: (BL) borda leste, (BS) borda sul, (IL) interior leste e (IS) interior sul.

Variável	BL	IL	BS	IS
Temperatura	0,17	0,11	0,07	0,09
Umidade	0,51	0,47	0,38	0,42
Dossel	0,22	0,31	0,39	0,31

Tabela 3. Lista das espécies arbustivo-arbóreas amostradas em diferentes de uma área de cerrado *sensu stricto* no município de Itirapina-SP, com as respectivas síndromes de dispersão e número de indivíduos nos ambientes: (BL) borda leste, (IL) interior leste, (BS) borda sul, (IS) interior sul.

Família	Espécie	Síndrome	BL	IL	BS	IS
Annonaceae	<i>Annona coriacea</i> Mart.	zoo	-	4	1	4
	<i>Duguetia furfuracea</i> (A. St.-Hil.) Saff.	zoo	1	1	-	1
	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	zoo	36	23	18	25
Apocynaceae	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	anemo	5	19	2	8
Araliaceae	<i>Schefflera vinosa</i> (Cham. & Schtdl.) Frodin & Fiaschi	zoo	12	12	13	28
Asteraceae	<i>Baccharis</i> sp.	anemo	-	-	1	-
	<i>Eupatorium laevigatum</i> Lam.	anemo	4	2	-	1
	<i>Gochnatia barrosii</i> Cabrera	anemo	3	-	4	5
	<i>Gochnatia pulchra</i> Cabrera	anemo	4	6	-	2
	<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	anemo	3	5	1	-
	<i>Vernonia</i> sp.	anemo	1	2	1	1
Bignoniaceae	<i>Arrabidaea brachypoda</i> (DC.) Bureau	anemo	2	-	-	1
	<i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) A. DC.	anemo	6	3	-	5
	<i>Memora axillaris</i> K. Schum.	anemo	10	15	2	7
	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	anemo	9	4	-	1
	<i>Tabebuia</i> sp.	anemo	2	2	1	-
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	zoo	-	-	2	-
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	zoo	-	3	2	-
Celastraceae	<i>Tontelea micrantha</i> (Mart. ex Schult.) A.C. Sm.	zoo	1	1	-	-
	<i>Plenckia</i> sp.	anemo	-	-	1	4
	spCE	indet	-	1	-	2
Clusiaceae	<i>Kielmeyera grandiflora</i> (Wawra) Saddi	anemo	2	-	-	2
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i> Mart.	anemo	-	-	5	-
	<i>Terminalia</i> sp.	anemo	-	-	4	-
Connaraceae	<i>Connarus</i> sp.	zoo	-	1	-	-
	<i>Connarus suberosus</i> Planch.	zoo	2	16	-	3
	<i>Rourea induta</i> Planch.	zoo	7	7	6	3
	spCO	zoo	1	-	-	-
Dilleniaceae	<i>Davilla elliptica</i> A. St.-Hil.	zoo	1	-	2	-
Ebenaceae	<i>Diospyros hispida</i> A. DC.	zoo	7	15	7	3
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum buxus</i> Peyr.	zoo	-	-	2	2
	<i>Erythroxylum cuneifolium</i> (Mart.) O.E. Schulz	zoo	6	4	9	16
	<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	zoo	14	35	3	9
	<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	zoo	1	4	2	2
Euphorbiaceae	<i>Pera obovata</i> (Klotzsch) Baill.	auto	-	-	-	1
Fabaceae	<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	anemo	1	2	-	-
	<i>Anadenanthera falcata</i> (Benth.) Speg.	auto	23	19	1	13
	<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	auto	35	14	7	15

Tabela 3 - continuação

Família	Espécie	Síndrome	BL	IL	BS	IS
	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	anemo	6	3	-	1
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	zoo	-	5	9	4
	<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	anemo	4	3	5	9
	<i>Dalbergia sp.</i>	anemo	2	-	-	4
	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	auto	8	8	1	1
	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	anemo	8	8	2	9
	<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	anemo	1	2	-	-
	<i>Machaerium sp.</i>	anemo	1	-	-	-
	<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	anemo	-	-	11	-
	<i>Senna rugosa</i> (G. Don) H.S. Irwin & Barneby	auto	16	21	-	1
	<i>spFA</i>	indet	1	1	9	4
	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	auto	3	5	4	3
	<i>Stryphnodendron obovatum</i> Benth.	auto	15	28	13	2
Lacistemataceae	<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	zoo	-	-	1	-
Lauraceae	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez	zoo	13	21	16	18
	<i>spL</i>	zoo	1	5	9	18
Loganiaceae	<i>Strychnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart.	zoo	-	-	-	6
	<i>Strychnos pseudoquina</i> A. St.-Hil.	zoo	3	2	3	1
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis campestris</i> (A. Juss.) Little	anemo	36	33	2	8
	<i>Banisteriopsis stellaris</i> (Griseb.) B. Gates	anemo	-	2	1	-
	<i>Byrsonima basiloba</i> A. Juss.	zoo	7	11	1	2
	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	zoo	6	13	-	2
	<i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss.	zoo	7	4	9	22
	<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	zoo	-	3	-	-
	<i>spMA</i>	indet	5	2	2	-
	<i>spMA2</i>	anemo	-	2	-	-
Malvaceae	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns	anemo	7	8	1	3
	<i>Pseudobombax sp.</i>	anemo	-	1	-	-
	<i>spMV</i>	anemo	-	3	-	-
Melastomataceae	<i>Leandra sp.</i>	zoo	1	7	1	4
	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	zoo	6	18	12	28
	<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	zoo	2	5	2	1
	<i>Miconia rubiginosa</i> (Bonpl.) DC.	zoo	8	25	46	19
	<i>Miconia stenostachya</i> DC.	zoo	2	11	8	6
	<i>spME</i>	indet	-	1	3	1
Monimiaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	zoo	3	-	14	5
Myristicaceae	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	zoo	-	20	11	19
Myrsinaceae	<i>Rapanea guianensis</i> Aubl.	zoo	-	4	-	9
	<i>Rapanea sp.</i>	zoo	-	-	1	15
	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez	zoo	-	1	1	4
Myrtaceae	<i>Calyptanthus lucida</i> Mart. ex DC.	zoo	-	-	-	2

Tabela 3 - continuação

Família	Espécie	Síndrome	BL	IL	BS	IS
	<i>Campomanesia pubescens</i> (DC.) O. Berg	zoo	12	31	9	9
	<i>Eugenia bimarginata</i> DC.	zoo	1	2	9	14
	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	zoo	2	1	-	-
	<i>Eugenia</i> sp.	zoo	1	2	1	2
	<i>Myrcia bella</i> Cambess.	zoo	16	30	3	10
	<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.	zoo	2	12	21	34
	<i>Myrcia lingua</i> (O. Berg) Mattos & D. Legrand	zoo	32	29	17	17
	<i>Myrcia rostrata</i> D.C.	zoo	-	-	-	1
	<i>Myrcia</i> sp.	zoo	1	1	1	3
	<i>Psidium cinereum</i> Mart. ex DC.	zoo	-	-	-	2
	spMY	zoo	2	2	13	7
Nyctaginaceae	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	zoo	10	5	7	5
	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	zoo	2	-	1	1
	<i>Guapira</i> sp.	zoo	3	1	3	3
	spNY	zoo	-	-	1	-
Ochnaceae	<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. ex Engl.) Engl.	zoo	17	11	7	6
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	anemo	-	-	5	9
Rubiaceae	<i>Alibertia sessilis</i> (Vell.) K. Schum.	zoo	1	-	-	-
	<i>Alibertia</i> sp.	zoo	-	-	1	1
	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	zoo	-	1	5	27
	<i>Palicourea rigida</i> Kunth	zoo	5	3	-	-
	spRU	zoo	-	-	2	2
	spRU2	zoo	-	-	1	-
	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltld.) K. Schum.	zoo	22	29	5	24
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	zoo	6	-	1	-
Sapotaceae	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	zoo	10	9	1	-
	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	zoo	20	3	-	1
Styracaceae	<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	zoo	9	13	1	5
Verbenaceae	<i>Aegiphila lhotskiana</i> Cham.	zoo	11	2	1	2
	<i>Lippia balansae</i> Briq.	auto	7	1	5	-
Vochysiaceae	<i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm.	anemo	-	-	1	-
	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	anemo	12	9	10	8
	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	anemo	2	2	2	1
	<i>Qualea</i> sp.	anemo	-	-	3	-
	<i>Vochysia</i> sp.	anemo	-	-	-	9
	<i>Vochysia</i> sp.2	anemo	-	-	-	9
	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	anemo	-	-	9	8
	sp.1	indet	-	-	-	1
	sp.2	indet	-	-	-	1
Total			577	705	441	617

Tabela 4. Valores do teste Kruskal-Wallis (H) e do teste de Dunn (z) para a proporção de indivíduos e espécies por síndrome de dispersão nos ambientes: (BL) borda leste, (IL) interior leste, (BS) borda sul e (IS) interior sul.

	Síndrome	Kruskal-Wallis		Teste de Dunn					
		H	p	BL X IL	BS X IS	BLXBS	BLXIS	BSXIL	ILXIS
Espécies	Zoocórico	8,80	0,03*	1,18	0,77	2,87*	1,93	1,52	0,71
	Autocórico	12,88	0,00**	1,07	0,39	2,85*	3,08**	1,62	1,91
	Anemocórica	5,08	0,17	-	-	-	-	-	-
Indivíduos	Zoocórico	6,26	0,10	-	-	-	-	-	-
	Autocórico	14,60	0,00**	1,12	0,46	3,01**	3,30**	1,72	2,06
	Anemocórica	2,15	0,54	-	-	-	-	-	-

\*p<0,05; \*\*p≤0,01

Tabela 5. Valores do teste Kruskal-Wallis (H) o do teste de Dunn (z), para comparação do número de frutos imaturos e maduros e biomassa de frutos produzidos por síndrome de dispersão nos ambientes: (BL) borda leste, (IL) interior leste, (BS) borda sul e (IS) interior sul, (L) leste, (S) sul, (B) borda e (I) interior.

		Kruskal-Wallis		Teste de Dunn					
		H	p	BL X IL	BS X IS	BLXBS	BLXIS	BSXIL	ILXIS
Zoocórico	Imaturo	8,11	0,04*	0,39	2,81*	0,96	1,91	1,29	1,45
	Maduro	9,80	0,02*	0,31	2,85*	0,25	2,61	0,55	2,18
	Biomassa	6,93	0,07	-	-	-	-	-	-
Anemocórico	Imaturo	7,73	0,05	-	-	-	-	-	-
	Maduro	9,64	0,02*	0,71	0,35	2,37	2,58	1,52	1,77
	Biomassa	14,87	0,00**	1,80	0,86	2,82*	3,52**	0,87	1,64
Autocórico	Imaturo	4,21	0,24	-	-	-	-	-	-
	Maduro	3,81	0,28	-	-	-	-	-	-
	Biomassa	12,24	0,00**	1,03	2,22	2,38	0,03	3,27**	1,00
Total	Imaturo	8,22	0,04*	0,99	2,62	0,30	2,34	1,27	1,28
	Maduro	16,10	0,00**	1,50	2,87*	1,12	3,93**	0,44	2,30
	Biomassa	4,52	0,21	-	-	-	-	-	-

\*p<0,05; \*\*p≤0,01

Tabela 6. Valores estimados da estatística circular para verificar a ocorrência de sazonalidade na produção e biomassa de frutos, por síndrome de dispersão, nos ambientes: (BL) borda leste, (IL) interior leste, (BS) borda sul e (IS) interior sul e os respectivos ângulos médios e datas médias significativas (Rayleigh  $p < 0,05$ ).

		Ambiente	Ângulo médio	Data média	vetor r	Rayleigh (Z)	Rayleigh (p)
Zoocórica	Imaturo	BL	322,51°	23/nov	0,45	45,94	0,00
		IL	324,79°	26/nov	0,50	64,71	0,00
		BS	6,71°	7/jan	0,55	41,24	0,00
		IS	341,17°	12/dez	0,43	31,88	0,00
	Maduro	BL	348,42°	20/dez	0,37	24,59	0,00
		IL	351,79°	23/dez	0,49	40,76	0,00
		BS	31,53°	1/fev	0,54	32,46	0,00
		IS	350,96°	22/dez	0,50	30,30	0,00
	Biomassa	BL	347,02°	18/dez	0,37	22,85	0,00
		IL	352,92°	24/dez	0,50	40,97	0,00
		BS	32,27°	2/fev	0,53	29,22	0,00
		IS	347,85°	19/dez	0,47	24,41	0,00
Anemocórica	Imaturo	BL	154,79°	6/jun	0,40	7,41	0,00
		IL	165,42°	17/jun	0,44	5,73	0,00
		BS	134,53°	-	0,40	2,30	0,10
		IS	220,46°	12/ago	0,82	6,68	0,00
	Maduro	BL	213,15°	5/ago	0,50	9,22	0,00
		IL	214,40°	6/ago	0,57	7,83	0,00
		BS	250,58°	-	0,32	0,80	0,46
		IS	252,08°	13/set	0,84	5,66	0,00
	Biomassa	BL	194,73°	17/jul	0,53	9,41	0,00
		IL	197,97°	20/jul	0,69	11,49	0,00
		BS	247,20°	-	0,39	1,20	0,31
		IS	258,84°	20/set	0,86	4,45	0,01
Autocórica	Imaturo	BL	63,25°	6/mar	0,72	21,42	0,00
		IL	54,28°	25/fev	0,55	7,63	0,00
		BS	72,03°	15/mar	0,95	4,49	0,00
		IS	45,54°	16/fev	0,58	4,42	0,01
	Maduro	BL	169,02°	21/jun	0,67	15,33	0,00
		IL	163,89°	16/jun	0,84	15,50	0,00
		BS	103,46°	15/abr	0,70	2,96	0,04
		IS	181,74°	4/jul	0,80	7,68	0,00
	Biomassa	BL	165,67°	17/jun	0,69	15,85	0,00
		IL	165,34°	17/jun	0,91	15,58	0,00
		BS	107,74°	20/abr	0,70	2,94	0,04
		IS	176,50°	28/jun	0,83	7,50	0,00

Tabela 7. Valores do teste Watson-Williams (F) para comparação do ângulo médio da produção e biomassa de frutos, por síndrome de dispersão, nos ambientes: (BL) borda leste, (IL) interior leste, (BS) borda sul e (IS) interior sul.

		BL X IL	BS X IS	BLXBS	BLXIS	BSXIL	ILXIS
Zoocórico	Imaturo	0,12	9,51**	33,0**	5,58*	33,94**	4,89*
	Maduro	-	20,20**	-	-	22,12**	0,01
	Biomassa	-	20,82**	-	-	20,51**	0,32
Anemocórico	Imaturo	0,01	-	-	3,10	-	3,06
	Maduro	0,01	-	-	3,10	-	3,06
	Biomassa	0,04	-	-	6,76*	-	8,48**
Autocórico	Imaturo	0,40	1,05	0,21	1,06	0,51	0,16
	Maduro	0,18	11,31**	7,65**	0,64	9,96**	1,84
	Biomassa	0,00	15,61**	6,34*	0,47	11,43**	0,92

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,01$

Tabela 8. Coeficientes de correlação de Spearman (Rs) e os respectivos valores de  $p$  entre variáveis climáticas (temperatura média, pluviosidade e comprimento do dia) e a produção de frutos imaturos e maduros e biomassa de frutos maduros, por síndrome de dispersão nos ambientes: (BL) borda leste, (IL) interior leste, (BS) borda sul e (IS) interior sul. Na área escura estão os valores significativos ( $p < 0,05$ ).

		Zoocórica				Anemocórica				Autocórica			
		BL	IL	BS	IS	BL	IL	BS	IS	BL	IL	BS	IS
Imaturo	Temp. média	-0.19	0.51	0.34	0.28	-0.50	0.00	-0.17	-0.61	0.52	0.56	0.08	0.41
	Comp. dia	0.00	0.66	0.73	0.50	-0.86	-0.37	-0.62	-0.80	0.31	0.35	-0.36	0.43
	Pluviosidade	0.24	0.61	0.66	0.58	-0.69	-0.25	-0.52	-0.70	0.40	0.36	-0.33	0.41
Maduro	Temp. média	0.72	0.68	0.69	0.53	-0.66	-0.61	-0.43	-0.54	0.00	-0.27	0.11	-0.04
	Comp. dia	0.49	0.57	0.51	0.37	-0.85	-0.72	-0.72	-0.50	-0.48	-0.69	-0.36	-0.32
	Pluviosidade	0.34	0.39	0.39	0.19	-0.79	-0.69	-0.61	-0.54	-0.38	-0.53	-0.29	-0.45
Biomassa	Temp. média	0.23	0.14	0.48	0.22	-0.55	-0.29	-0.35	-0.54	-0.36	-0.56	-0.06	-0.04
	Comp. dia	0.19	0.19	0.10	0.04	-0.72	-0.26	-0.54	-0.50	-0.46	-0.83	-0.47	-0.32
	Pluviosidade	0.01	-0.01	0.16	-0.13	-0.70	-0.35	-0.58	-0.55	-0.34	-0.70	-0.40	-0.45

Tabela 9. Coeficientes de correlação de Spearman ( $r_s$ ) e os respectivos valores de  $p$ , entre as variáveis microambientais e de abertura do dossel e a produção de frutos imaturos e maduros e a biomassa de frutos maduros por síndrome de dispersão, nas estações seca e úmida. Na área escura estão os valores significativos ( $p < 0,05$ ).

Estação	Síndrome		Abertura de dossel		Temperatura		Umidade relativa	
			$r_s$	$p$	$r_s$	$p$	$r_s$	$p$
Seca	Zoocórico	Imaturo	0,26	0,12	0,06	0,71	-0,06	0,71
		Maduro	0,18	0,30	-0,06	0,72	0,01	0,97
		Biomassa	0,43	0,01	0,15	0,37	-0,17	0,31
	Anemocórico	Imaturo	0,35	0,04	0,31	0,06	-0,24	0,15
		Maduro	0,57	0,00	0,46	0,00	-0,37	0,03
		Biomassa	0,69	0,00	0,59	0,00	-0,51	0,00
	Autocórico	Imaturo	0,09	0,58	0,14	0,42	-0,08	0,64
		Maduro	0,03	0,84	0,23	0,19	-0,15	0,38
		Biomassa	0,08	0,65	0,40	0,02	-0,29	0,09
Úmida	Zoocórico	Imaturo	0,10	0,57	-0,27	0,12	0,05	0,79
		Maduro	0,25	0,14	0,17	0,33	-0,31	0,06
		Biomassa	0,46	0,00	0,25	0,15	-0,36	0,03
	Anemocórico	Imaturo	0,21	0,23	0,14	0,40	-0,12	0,50
		Maduro	0,23	0,17	0,15	0,39	-0,25	0,14
		Biomassa	0,48	0,00	0,22	0,19	-0,31	0,07
	Autocórico	Imaturo	-0,02	0,93	0,17	0,32	-0,04	0,81
		Maduro	0,21	0,22	0,23	0,19	-0,13	0,44
		Biomassa	0,26	0,13	0,30	0,07	-0,28	0,10

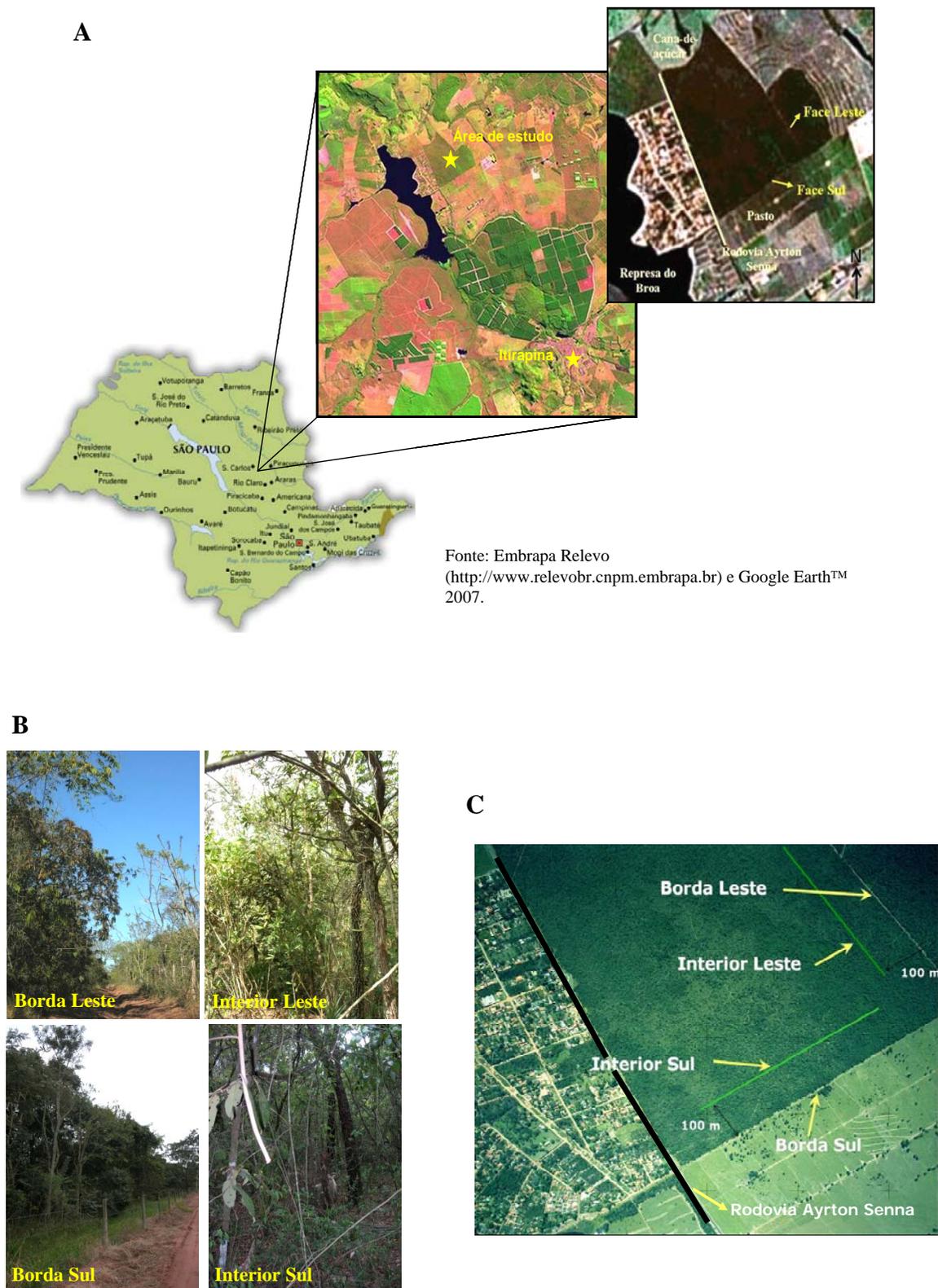


Figura 1. (A) Localização da área de estudo no Estado de São Paulo e no município de Iitrapina, (B) detalhe das fisionomias dos ambientes e (C) foto aérea com o esquema do desenho experimental.

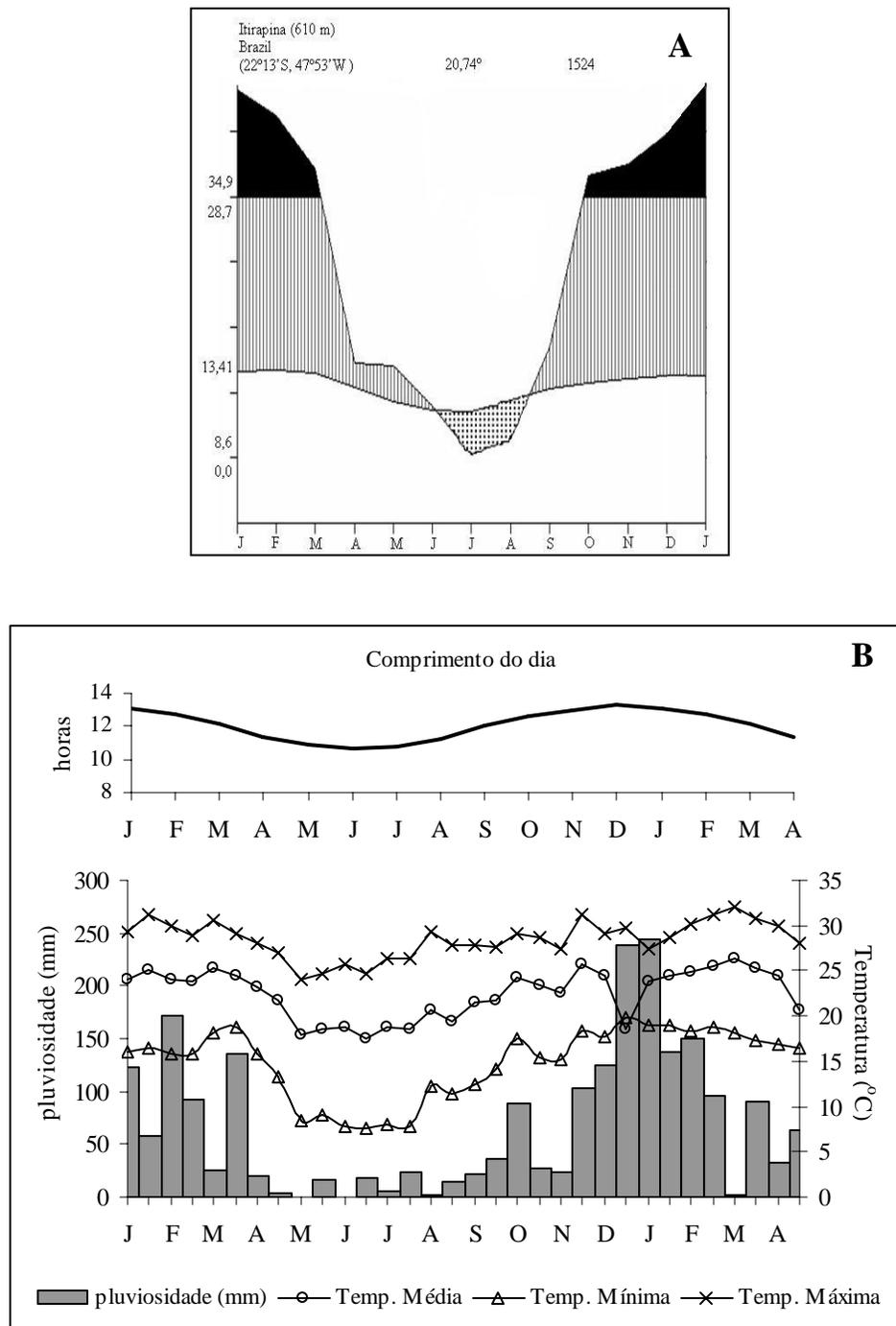


Figura 2. (A) Diagrama climático para o município de Itirapina, São Paulo, para o período de 1972 a 2002. (B) Comprimento do dia para a latitude 24°, valores de pluviosidade e temperatura para o período de estudo (janeiro de 2006 a maio de 2007). Fonte: Estação Climatológica do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA) – USP, São Carlos, localizada a 4 km da área de estudo.

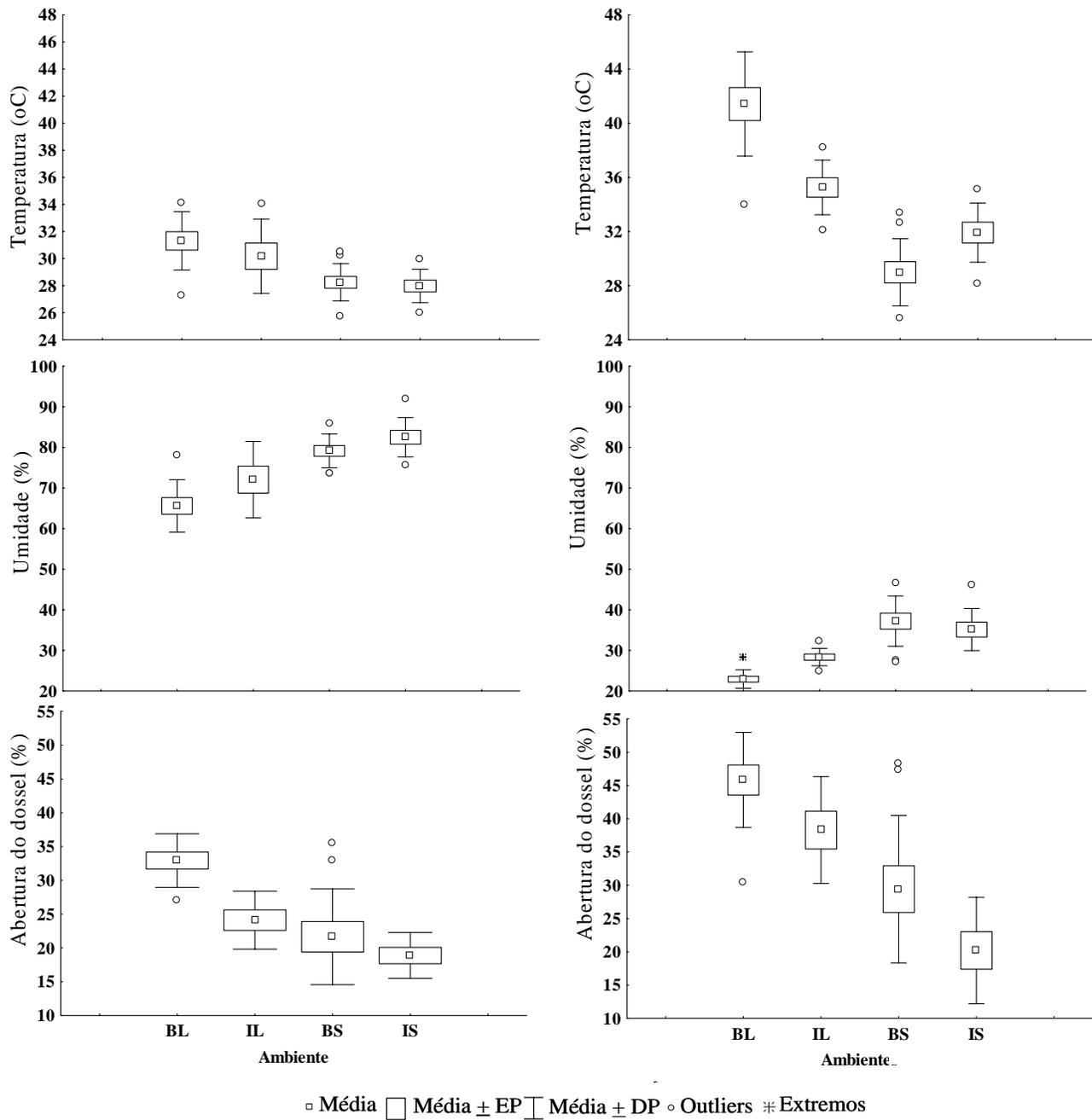


Figura 3. Box plots das médias de temperatura (A e B), umidade relativa (C e D) e abertura do dossel (E e F), para as estações úmida (direita) e seca (esquerda), em quatro ambientes de cerrado *sensu stricto* no município de Itapirapina, SP. BL- borda leste; IL- interior leste; BS- borda sul; IS- interior sul; EP- erro padrão; DP- desvio padrão.

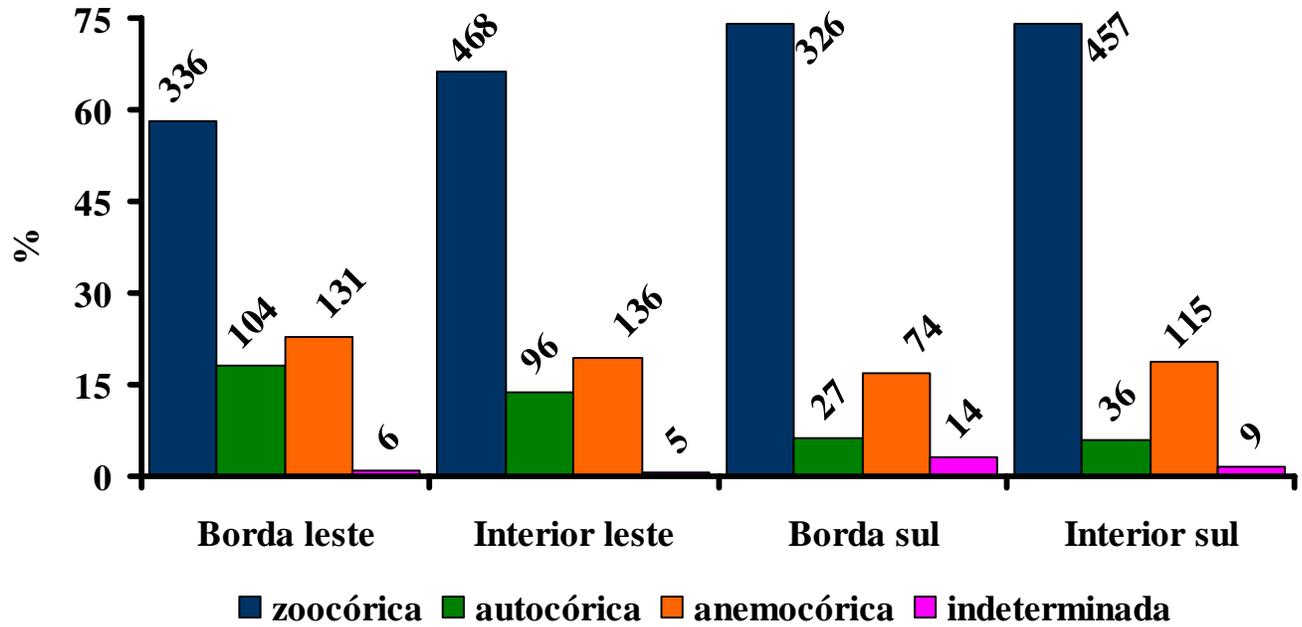


Figura 4. Proporção de indivíduos por síndrome de dispersão nos ambientes estudados em cerrado *sensu stricto* no município de Itirapina, SP. Acima das barras está o número de indivíduos em cada síndrome.

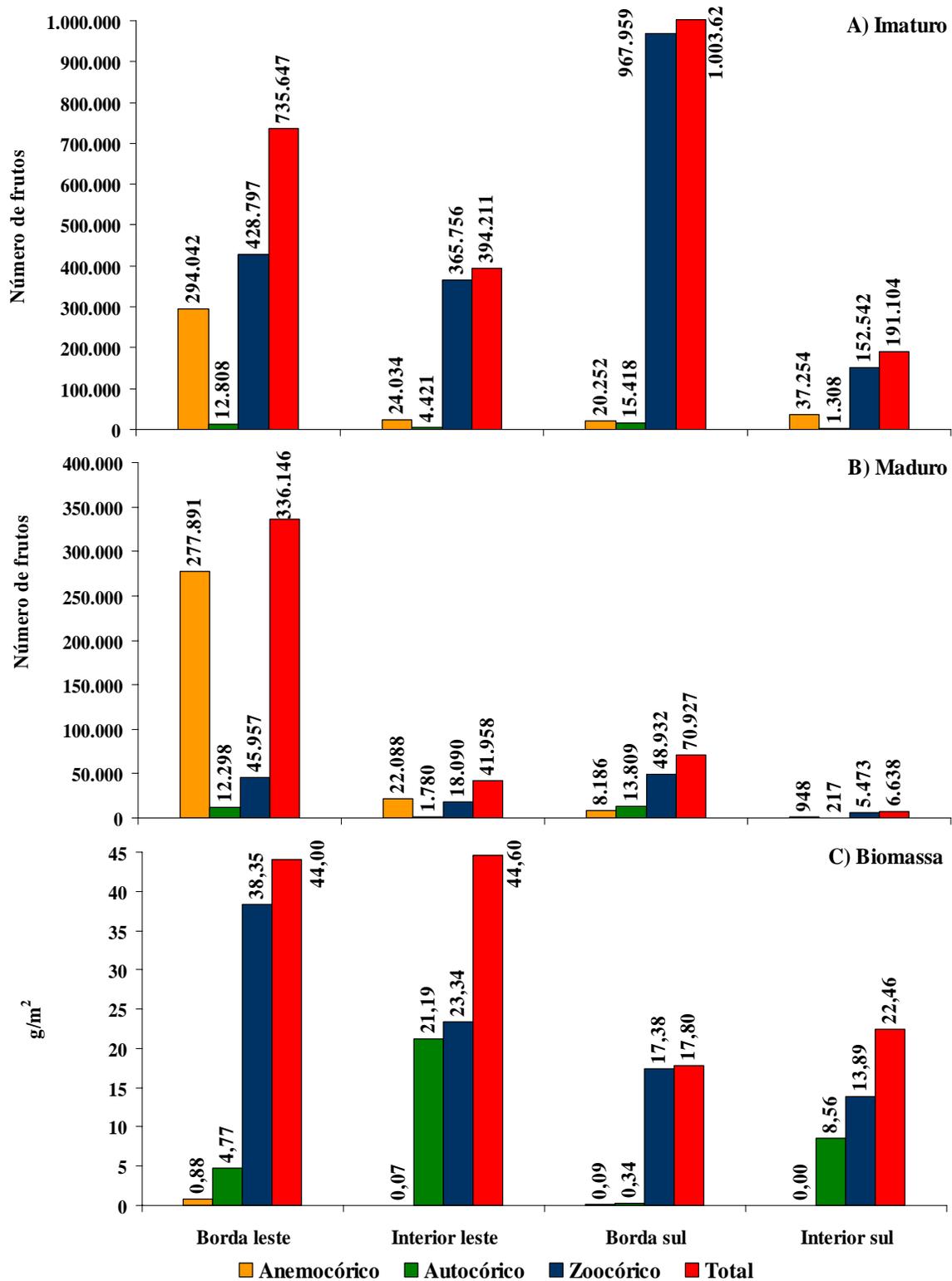


Figura 5. Produção e biomassa ( $\text{g/m}^2$ ), de frutos por síndrome de dispersão, nos diferentes ambientes de cerrado *sensu stricto* no município de Itirapina, SP.

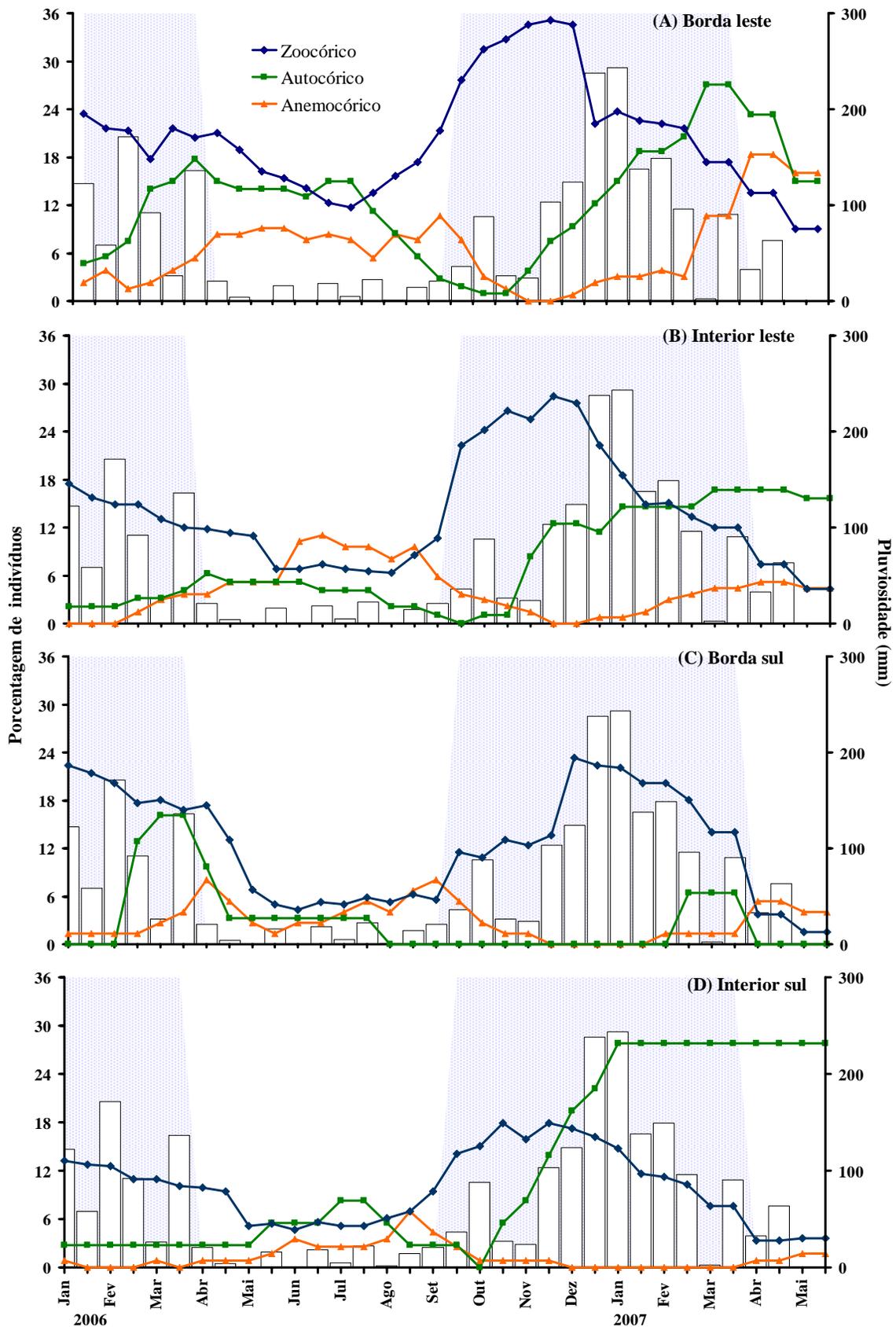


Figura 6. Porcentagem de indivíduos com frutos imaturos, por síndrome de dispersão, em diferentes ambientes de cerrado *sensu stricto* no município de Itirapina, SP. A área hachurada corresponde à estação úmida e as barras à pluviosidade no período de estudo.

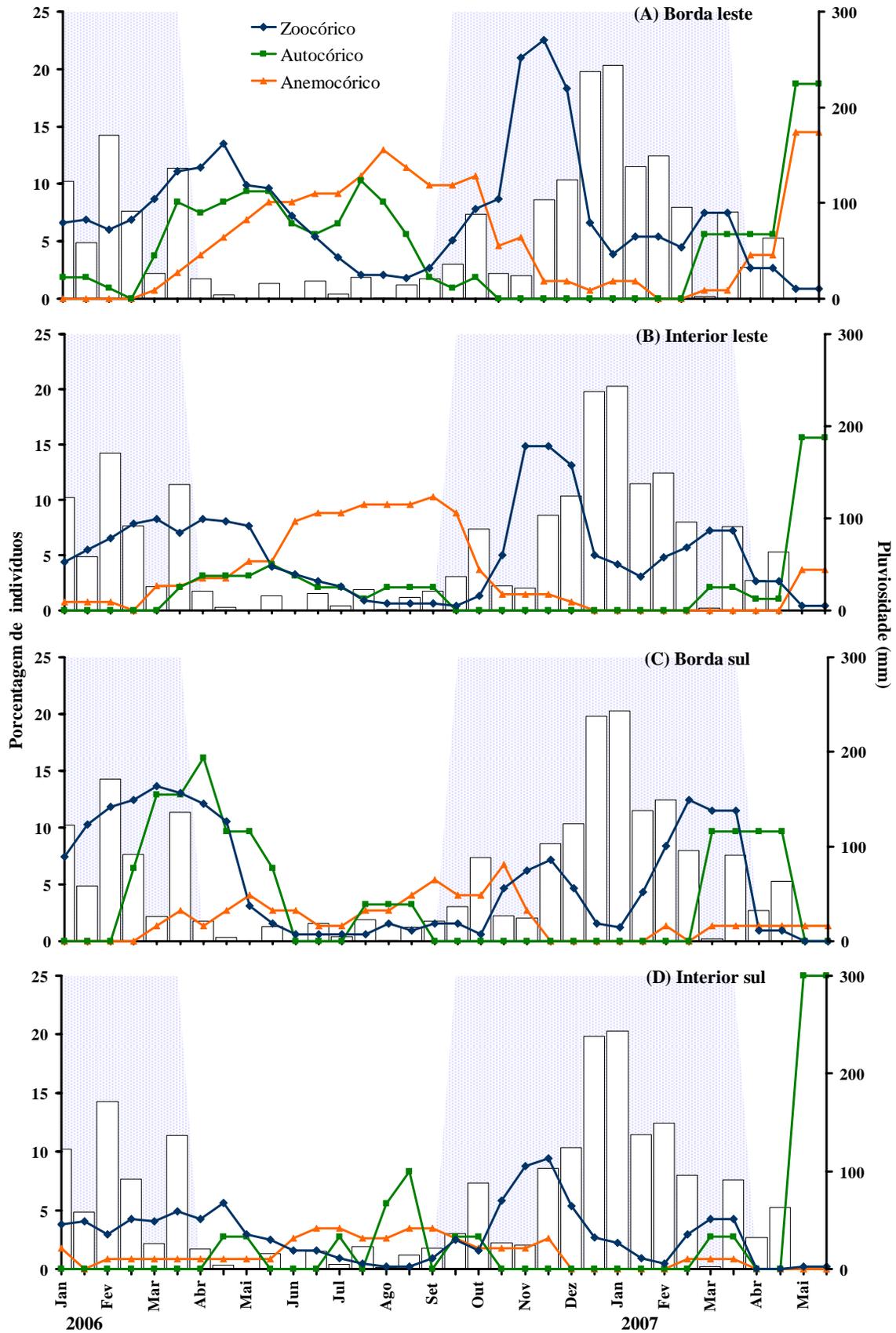


Figura 7. Porcentagem de indivíduos com frutos maduros, por síndrome de dispersão, em diferentes ambientes de cerrado *sensu stricto* no município de Itirapina, SP. A área hachurada corresponde à estação úmida e as barras à pluviosidade no período de estudo.

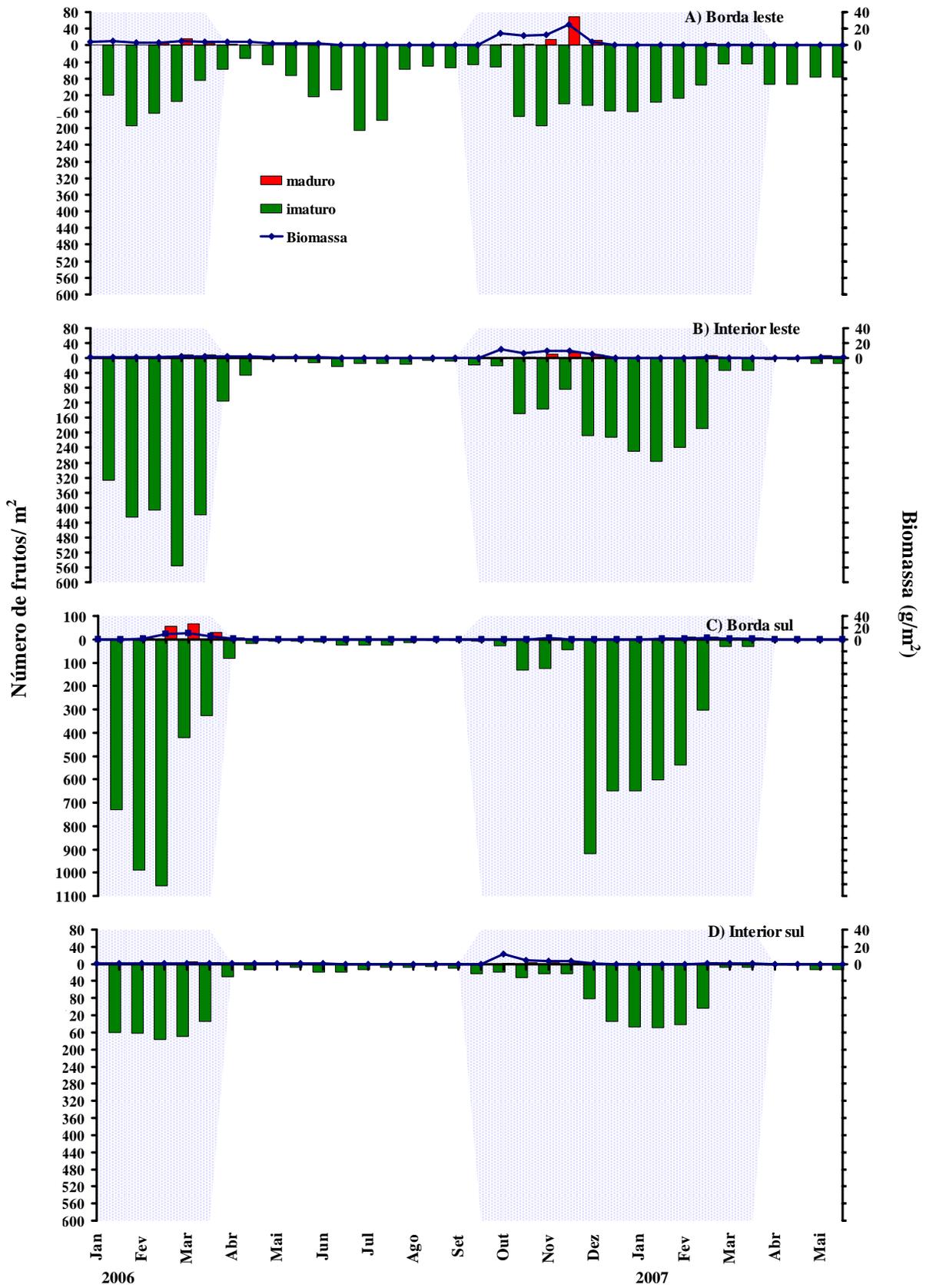


Figura 8. Número e biomassa de frutos zoocóricos produzidos nos diferentes ambientes de cerrado *sensu stricto* no município de Itirapina, SP. A área hachurada corresponde à estação úmida.

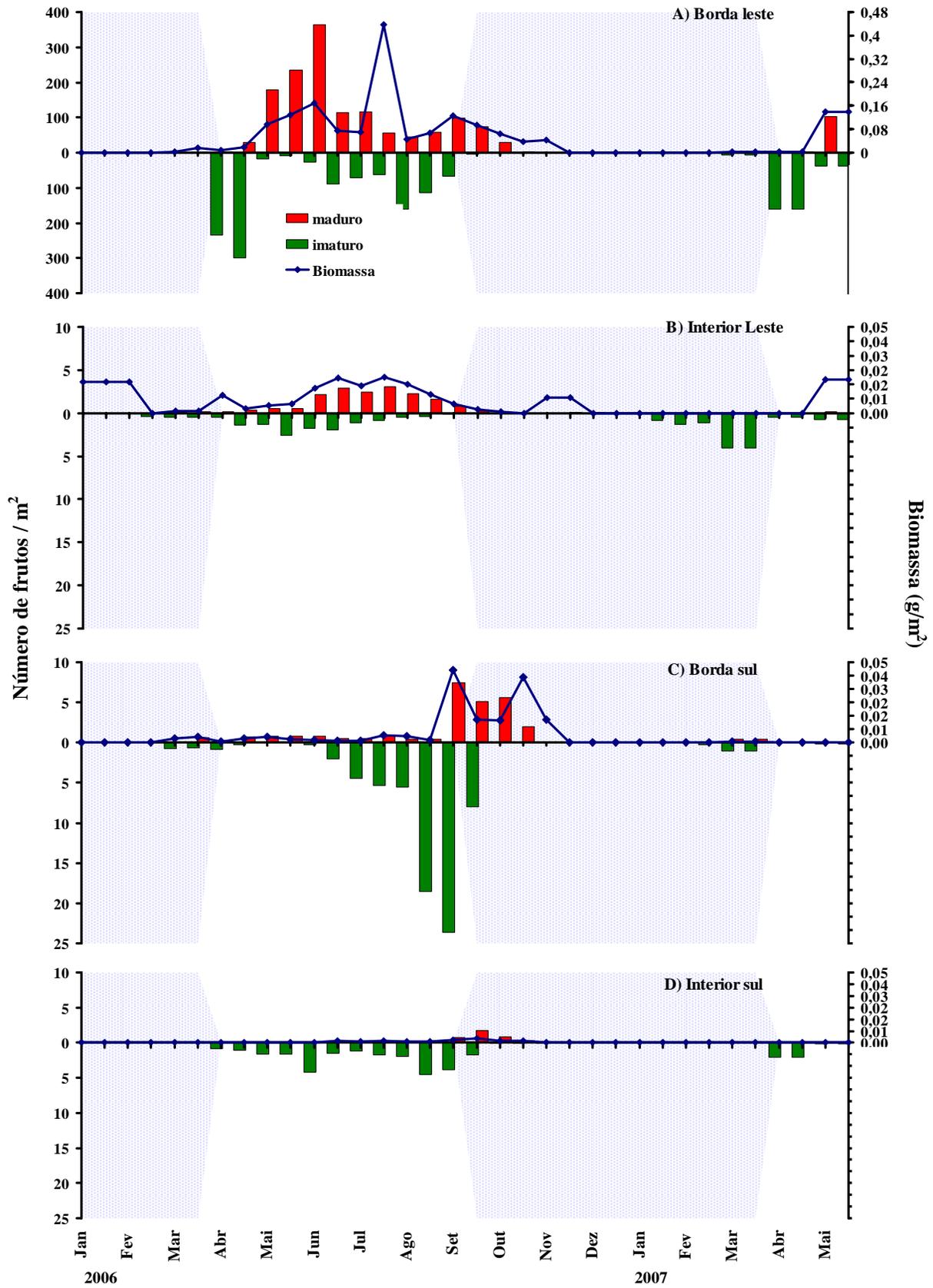


Figura 9. Número e biomassa de frutos anemocóricos produzidos nos diferentes ambientes de cerrado *sensu stricto* no município de Itirapina, SP. A área hachurada corresponde à estação úmida.

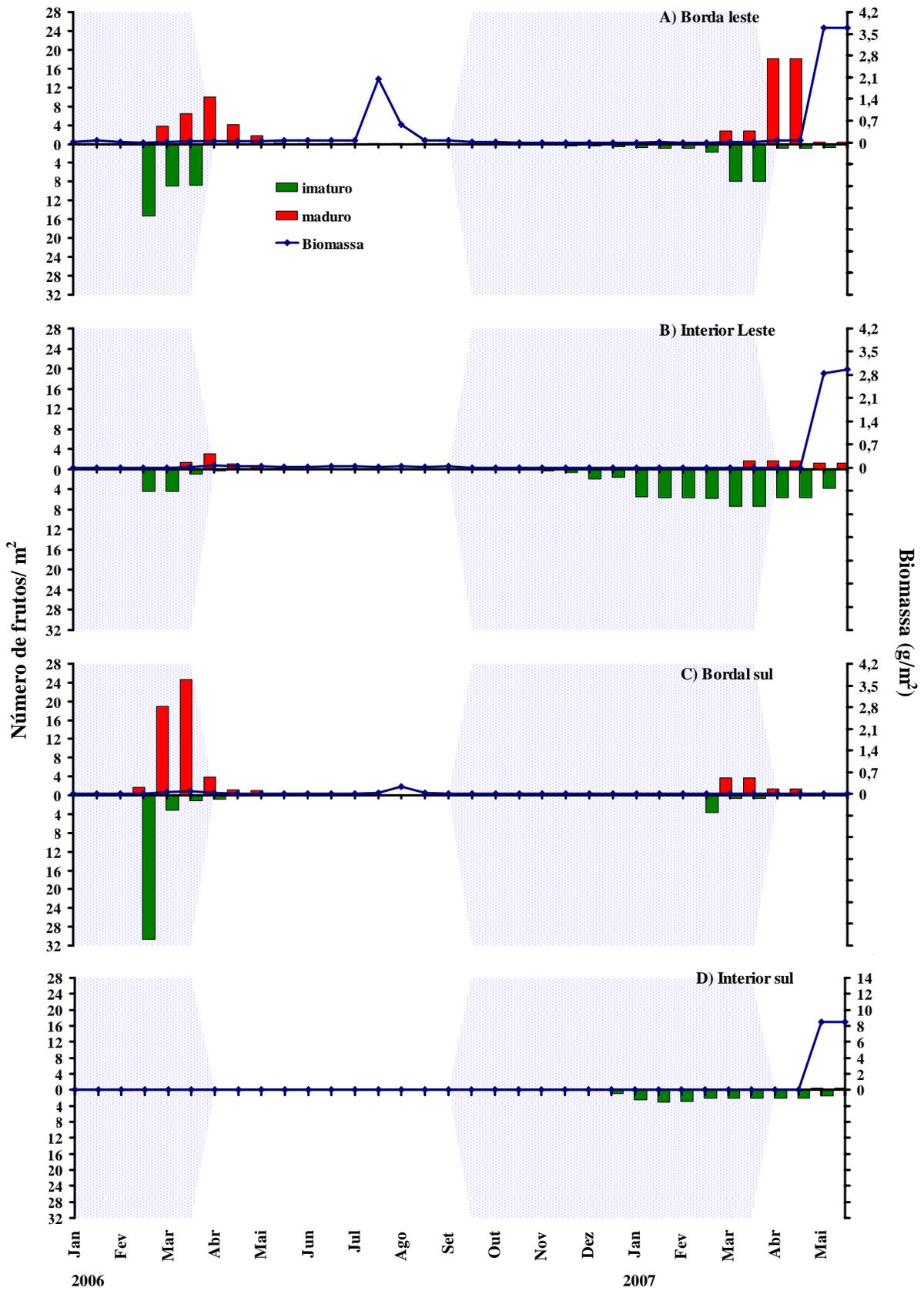


Figura 10. Número e biomassa de frutos autocóricos produzidos nos diferentes ambientes de cerrado *sensu stricto* no município de Itirapina, SP. A área hachurada corresponde à estação úmida.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os padrões encontrados neste trabalho para a proporção de espécies e indivíduos por síndrome de dispersão e fenologia da frutificação dos indivíduos das diferentes síndromes coincidiram com outros trabalhos desenvolvidos em outras áreas de cerrado (Batalha & Mantovani 2000, Batalha & Martins 2004, Lenza & Klink 2006). A produção de frutos foi constituída principalmente por frutos zoocóricos, para frutos imaturos e biomassa de frutos maduros, e anemocóricos para frutos maduros. Frutos zoocóricos são importante fonte de recurso para frugívoros na área de estudo, apresentando produção contínua e em alta quantidade em biomassa.

Os resultados encontrados para os ambientes de borda e interior foram semelhantes entre si e coincidiram, de forma geral, com os resultados encontrados para a comunidade arbustivo-arbórea de toda a área, mesmo com os ambientes da face leste e sul apresentando diferenças na estrutura da vegetação e no microclima. Este resultado confirma a forte influência do clima sazonal na fenologia das plantas do cerrado, com indivíduos e espécies de diferentes síndromes e em diferentes condições, frutificando de forma sazonal (Oliveira & Sazima 1990, Felfili *et al.* 1999, Coutinho 2002). Foram observadas apenas algumas diferenças quanto à contribuição de cada síndrome nos ambientes estudados, com os ambientes da face leste, com destaque à borda leste, produzindo principalmente frutos maduros anemocóricos, ambientes que levaram à alta produção destes frutos na comunidade como um todo.

Apesar da fragmentação ser foco de muitos pesquisadores, não se sabe ao certo de que maneira as alterações decorrentes do estabelecimento de bordas agem sobre as comunidades de áreas remanescentes. Segundo Turton e Freiburger (1997), cada remanescente possui condições microclimáticas únicas e a ocorrência e intensidade dos efeitos de borda podem variar de acordo com fatores como forma, tamanho e orientação do fragmento (Saunders *et al.* 1991, Fraver 1994), estrutura e estágio sucessional da vegetação, idade da borda (Murcia 1995, Didham & Lawton 1999, Harper *et al.* 2005) e tipo matriz contrastante (Kapos *et al.* 1997, Rodrigues & Nascimento 2006). Portanto, muitos estudos ainda devem ser feitos para alcançarmos um mínimo de

conhecimento a respeito das influências da borda e de outras conseqüências da fragmentação no cerrado, bioma que atualmente sofre de forma intensa com este processo (Kronka 1998).

Trabalhos que comparam o padrão fenológico de plantas da borda e interior de fragmentos geralmente encontram pouca ou nenhuma diferença (Williams-Linera 2003, Ramos & Santos 2006, Athayde 2007, Quevedo 2007), com diferenças entre estes ambientes geralmente observadas na composição das espécies e no sucesso reprodutivo das plantas (Aizen & Feinsinger 1994, Burgess *et al.* 2006, McDonald & Urban 2006, Nascimento & Laurance 2006, Rodrigues & Nascimento 2006). Neste estudo não foram detectadas diferenças importantes entre borda e interior nos parâmetros estudados, porém foi confirmada a influência da luminosidade no padrão fenológico, produção e maturação dos frutos, entre a borda leste e os ambientes com dossel mais fechado e menos iluminados da face sul, comprovando também a importância da orientação e estrutura da vegetação condicionando os efeitos de borda em áreas de cerrado.

Este trabalho levantou importantes informações a respeito da fenologia da frutificação e principalmente da produção de frutos e contribuição das diferentes síndromes de dispersão na comunidade arbustivo-arbórea, assim com da influência das variações microambientais na produção de frutos, dados até hoje inexistente para áreas de cerrado. Trabalhos que tenham como objetivo a quantificação das fenofases devem ser incentivados para este bioma, pois, além da falta de informações a este respeito, a análise de forma mais detalhada da produção e disponibilidade de flores, frutos e folhas são fundamentais para compreensão das relações planta-animal, capacidade de auto-regeneração e produtividade de comunidades vegetais (Morellato & Leitão-Filho 1992, Peres 1994, Oliveira & Paula 2001).

Referências bibliográficas

- AIZEN, M.A. & FEINSINGER, P. 1994. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco Dry Forest, Argentina. *Ecology* 75:330-351.
- ATHAYDE, E.A. 2007. Influência da borda e do isolamento na fenológica e no sucesso reprodutivo de *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. (Fabaceae) em uma região de cerrado stricto sensu, Itirapina, São Paulo. 41f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- BATALHA, M.A. & MANTOVANI, W. 2000. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pe-de-Gigante reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. *Revista Brasileira de Biologia* 60:129-145.
- BATALHA, M.A. & MARTINS, F.R. 2004. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). *Australian Journal of Botany* 52:149-161.
- BURGESS, V.J., KELLY, D., ROBERTSON, A.W. & LADLEY, J.J. 2006. Positive effects of forest edges on plant reproduction: literature review and a case study of bee visitation to flowers of *Peraxilla tetrapetala* (Loranthaceae). *New Zealand Journal of Ecology* 30:179-190.
- COUTINHO, L.M. 2002. O Bioma Cerrado. *In* Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois (A.L. Klein, org.). Editora UNESP, Imprensa Oficial do Estado, São Paulo, p.77-91

- DIDHAM, R.K. & LAWTON, J.H. 1999. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in Tropical Forest fragments. *Biotropica* 31:17-30.
- FELFILI, J.M., SILVA JR., M.C., DIAS, B.J. & REZENDE, A.V. 1999. Estudo fenológico de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville no cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 22:83-90.
- FRAVER, S. 1994. Vegetation responses along edge-to-interior gradients in the mixed hardwood forests of the Roanoke. *Conservation Biology* 8:822-832.
- HARPER, K.A., MACDONALD, S.E., BURTON, P.J., CHEN, J., BROSOFSKE, K.D., SAUNDERS, S.C., EUSKIRCHEN, E.S., ROBERTS, D., JAITEH, M.S. & ESSEEN, P. 2005. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology* 19:768-782.
- KAPOS, V., WANDELLI, E., CAMARGO, J.L. & GANADE, G. 1997. Edge-related changes in environmental and plant responses due to forest fragmentation in Central Amazonia. *In* Tropical forest remnants (W.F. Laurance & R.O. Bierregaard, eds.). Chicago University Press, Chicago, p.33-44
- KRONKA, F.J.N. 1998. Áreas de domínio do cerrado no Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, p.98.
- LENZA, E. & KLINK, C.A. 2006. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 29:627-638.
- MCDONALD, R.I. & URBAN, D.L. 2006. Edge effects on species composition and exotic species abundance in the North Carolina Piedmont. *Biological Invasions* 8:1049-1060.

- MORELLATO, L.P.C. & LEITÃO-FILHO, H.F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. *In* História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil (L.P.C. Morellato, org.). Editora da Unicamp - FAPESP, Campinas, p.112-140
- MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10:58-62.
- NASCIMENTO, H.E.M. & LAURANCE, W.F. 2006. Area and edge effects on forest structure in Amazonian forest fragments after 13-17 years of isolation. *Acta Amazonica* 36:183-192.
- OLIVEIRA, P.E.A.M. & PAULA, F.R. 2001. Fenologia e biologia reprodutiva de plantas de Matas de Galeria. *In* Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria (J.F. Ribeiro, C.E.L. Fonseca & J.C. Sousa-Silva, eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p.303-332
- OLIVEIRA, P.E.A.M.D. & SAZIMA, M. 1990. Pollination Biology of two Species of *Kielmeyera* (Guttiferae) from Brazilian Cerrado Vegetation. *Plant Systematics and Evolution* 172:35-49.
- PERES, C.A. 1994. Composition, density, and fruiting phenology of arborescent palms in an Amazonian Terra-Firme Forest. *Biotropica* 26:285-294.
- QUEVEDO, A.E.A. 2007. Reproductive phenology and fruit set of *Attalea geraensis* and *Syagrus petraea* (Arecaceae) on the edge and interior of a cerrado fragment. 35f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

- RAMOS, F.N. & SANTOS, F.A.M. 2006. Floral visitors and pollination of *Psychotria tenuinervis* (Rubiaceae): distance from the anthropogenic and natural edges of an Atlantic Forest fragment. *Biotropica* 38:383-389.
- RODRIGUES, P.J.F.P. & NASCIMENTO, M.T. 2006. Fragmentação florestas: breves considerações teóricas sobre efeitos de borda. *Rodriguésia* 57:63-74.
- SAUNDERS, D.A., HOBBS, R.J. & MARGULES, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5:18-32.
- TURTON, S.M. & FREIBURGER, H.J. 1997. Edge and aspect effects in the microclimate of a small Tropical Forest remnant on the Atherton Tableland, Northeastern Australia. *In* Tropical forest remnants (W.F. Laurance & R.O. Bierregaard, eds.). Chicago University Press, Chicago, p.33-44
- WILLIAMS-LINERA, G. 2003. Temporal and spatial phenological variation of understory shrubs in a tropical montane cloud forest. *Biotropica* 35:28-36.

## APÊNDICE

Exemplos de frutos e sementes de espécies da comunidade arbustivo-arbórea da área de cerrado *sensu stricto* em Itrapina-SP.



1) *Caryocar brasiliense* 2) *Qualea grandiflora* 3) *Lippia balansae* 4) *Leandra* sp. 5) *Miconia stenostachya* 6) *Miconia albicans*  
7) *Miconia ligustroides* 8) *Miconia rubiginosa* .

Escala de 1cm



1) *Lacistema hasslerianum* 2) *Duguetia furfuracea* 3) *Xylopia aromatica* 4) *Annona coriacea* 5) *Eupatorium laevigatum* 6) *Gochnatia pulchra* 7) *Piptocarpha rotundifolia* 8) *Vernonia* sp. 9) *Gochnatia barrosii* 10) *Rourea induta* 11) *Rapanea guianensis* 12) *Alibertia* cf. *sessilis*.

Escala de 1cm



1) *Davilla elliptica* 2) *Ocotea pulchella* 3) *Tocoyena formosa* 4) *Palicourea rigida* 5) *Diospyros hispida* 6) *Erythroxylum cuneifolium* 7) *Erythroxylum suberosum* 8) *Erythroxylum tortuosum* 9) *Pouteria torta* 10) *Aspidosperma tomentosum* 11) *Strychnos pseudoquina* 12) *Schefflera vinosa*.

Escala de 1cm



1) *Byrsonima cocolobifolia* 2) *Byrsonima intermedia* 3) *Banisteriopsis campestris* 4) *Protium heptaphyllum* 5) *Stryphnodendron adstringens* 6) *Dalbergia miscolobium* 7) *Dimorphandra mollis* 8) *Stryphnodendron obovatum* 9) *Memora axillaris* 10) *Senna rugosa* 11) *Bauhinia rufa* 12) *Anadenanthera falcata* 13) *Ouratea spectabilis*.  
Escala de 1 cm



1) *Myrcia bella* 2) *Myrcia fallax* 3) *Myrcia lingua* 4) *Eugenia pyriformis* 5) *Campomanesia pubescens* 6) *Siparuna guianensis* 7) *Guapira noxia* 8) *Amaioua guianensis* 9) *Tontelea* sp. 10) *Eryotheca gracilipes* 11) *Vochysia tucanorum* 12) *Virola sebifera*

Escala de 1cm

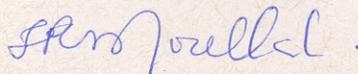
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
(BIOLOGIA VEGETAL)**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO defendida em 01/08/2008:**

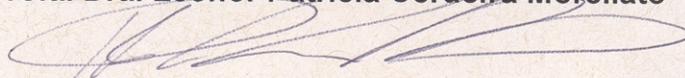
**“Influência da borda na frutificação e nas síndromes de dispersão de sementes  
em uma área de cerrado Sensu Stricto”**

**MARIA GABRIELA GUTIERREZ DE CAMARGO**

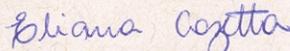
**Comissão Examinadora:**



**Profa. Dra. Leonor Patricia Cerdeira Morellato**



**Prof. Dr. Flávio Nunes Ramos**



**Profa. Dra. Eliana Cazetta**

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)