

ALINE CRISTINA DA SILVA MORAES

**FENOLOGIA, SÍNDROMES DE POLINIZAÇÃO E DISPERSÃO E POTENCIAL
HÍDRICO DE ESPÉCIES LENHOSAS DE CERRADO, CHAPADA DIAMANTINA,
BAHIA, BRASIL**

FEIRA DE SANTANA – BAHIA

2011



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

**FENOLOGIA, SÍNDROMES DE POLINIZAÇÃO E DISPERSÃO E POTENCIAL
HÍDRICO DE ESPÉCIES LENHOSAS DE CERRADO, CHAPADA DIAMANTINA,
BAHIA, BRASIL**

ALINE CRISTINA DA SILVA MORAES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Estadual de Feira de Santana como parte dos requisitos para obtenção do título de *Mestre em Botânica*.

ORIENTADORA: PROF.^a DR.^a LIGIA SILVEIRA FUNCH (UEFS)

**COORIENTADORA: PROF.^a DR.^a LIA D'AFONSÊCA PEDREIRA DE MIRANDA
(UEFS)**

FEIRA DE SANTANA- BAHIA

2011

Ficha Catalográfica – Biblioteca Central Julieta Carteado

M818f Moraes, Aline Cristina da Silva
Fenologia, síndromes de polinização e dispersão e potencial hídrico de espécies lenhosas de cerrado, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil./ Aline Cristina da Silva Moraes. – Feira de Santana, 2011.
76 f : il.: tab.

Orientadora: Lígia Silveira Funch

Co-orientadora: Lia D'Afonsêca Pedreira de Miranda

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Botânica. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2011.

1. Fenologia foliar – Cerrado. 2. Potencial hídrico. 3. Fenologia de comunidade – Cerrado rupestre. 4. Melitofilia. 5. Zoocoria. I. Funch, Lígia Silveira. II. Miranda, Lia D'Afonsêca Pedreira de. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU: 581.54(814.22)

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Ângela Pierre Vitória

(Universidade Estadual do Norte Fluminense)

Prof.^a Dr.^a Rosineide Braz Santos Fonseca

(Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia- BA)

Prof.^a Dr.^a Ligia Silveira Funch

(Universidade Estadual de Feira de Santana)

Orientadora e Presidente da Banca

Feira de Santana – Bahia

2011

A Auristela e Aureliano, meus pais, a quem serei eternamente grata por tudo que já consegui conquistar, e por muito que ainda pretendo alcançar.

*“Nova aurora, cada dia
E há de se cuidar do broto
Pra que a vida nos dê flor e fruto”
(Milton Nascimento)*

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado forças nas horas em que mais precisei;

À Prof^a Dr^a Ligia Funch, pela confiança em me orientar durante todo este tempo (já são seis anos!) e pelos ensinamentos preciosos!

À Prof^a Dr^a Lia Miranda, minha coorientadora, pela paciência na orientação com os equipamentos, pela ajuda no campo, pela valiosa contribuição e dicas durante a escrita do trabalho;

Ao Dr. Roy Funch, pela hospitalidade em Lençóis;

Ao Luis Piedade, proprietário do Orquidário Pai Inácio, por ter sido tão gentil e cordial em nos receber no Orquidário, para nos hospedar quando tínhamos que ir à área de estudo de madrugada. Muito obrigada!

À Suelen, Luís e Luís Henrique, por ter nos recebido tão bem no Orquidário e ter nos deixado tão à vontade!

Ao Lício, Rosemberg e Maicon, pela ajuda nas idas a campo de madrugada, algumas vezes até de baixo de chuva;

Aos motoristas da UEFS, que nos levaram ao campo, em especial, Neliuson, que não mediu esforços para ajudar e tornar meu trabalho mais tranquilo (até de madrugada ele acordava de bom humor!);

Aos amigos que me ajudaram no campo: Grênivel (que me acompanhou durante os dois primeiros anos de observação), Sâmia (que iniciou comigo os trabalhos madrugada a fora), Mara e Jumara (também deram uma bela ajuda com as medidas do potencial!)

À Mara, Grênivel, Jumara e Sâmia, pelas valiosas contribuições durante a escrita do trabalho, e principalmente pela amizade;

Aos companheiros do laboratório: Jumara, Sâmia, Mara, Grênivel, Juliana, Marcus, Thiago, Isys, Karol e Bruna, pelas horas de descontração e troca de experiências;

Aos amigos de longas datas, Joseane e Grênivel, pelos tantos momentos que já passamos juntos desde a graduação (pelos sufocos e depois...boas risadas! Enfim, pela grande amizade!)

Aos Professores da Pós-Graduação;

Ao Prof. Dr. Abel Conceição, que me deu muito apoio no primeiro momento do trabalho de campo;

À Adriana Estrela e Gardênia pela paciência e dedicação com os assuntos da Pós;

À Carliane, que sempre esteve disposta a ajudar;

Ao Prof. Antônio Neto, pela ajuda nas análises estatísticas;

À minha família, que tenho certeza, torcem por meu sucesso;

Aos meus pais, Auristela e Aureliano, que de tudo sempre fizeram para que nada faltasse, especialmente amor, carinho, compreensão, e que sempre me incentivaram a ir em busca dos meus sonhos!

Aos meus irmãos Junior e Alessandro e ao meu sobrinho Enzo, pelo amor e carinho;

Ao meu amor, Vinissius, pelas palavras de incentivo, pela paciência, pelo amor, carinho, cumplicidade e compreensão;

À Elisabeth, amiga que me ajudou muito na hora do sufoco!

As minhas atuais e antigas companheiras e amigas de República (Mari, Licia, Taíse, Urânia, Carina, Paty, Nelma, Priscila, Thyala, Tiana, Nara e Karol), simplesmente por tornar minha estadia em Feira de Santana mais prazerosa;

Aos amigos que de longe ou de perto estão torcendo e/ou me incentivando de alguma forma: Thyala, Ariane, Cassiano, Beth, Andréia, Beta, Fábio, Babe, Paty, Nino, Eder, Tia Rita, Luiz Henrique, Ângelo, Marcone, Lívia, Luíza;

À Carol, pela ajuda!

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela bolsa concedida e apoio financeiro;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro;

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1	
Fenologia foliar e potencial hídrico de uma comunidade de cerrado rupestre, na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.	9
CAPÍTULO 2	
Fenologia reprodutiva, síndromes de polinização e dispersão de espécies lenhosas de uma área de cerrado rupestre, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.	40
CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
RESUMO	75
ABSTRACT	76

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

- Figura 1. Médias dos dados históricos de precipitação e temperatura para o município de Lençóis, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil para o período de 1997 a 2009. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, Lençóis. □ = estação chuvosa; ■ = estação seca. 14
- Figura 2. Localização geográfica da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil (A), indicando o perímetro do Parque Nacional da Chapada Diamantina (B). 15
- Figura 3. Aspectos da área de Cerrado Rupestre estudada, município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. 16
- Figura 4. Médias mensais do fotoperíodo (A), umidade relativa do ar (B), temperatura (C) e precipitação total mensal do município de Lençóis, Chapada Diamantina – BA, Brasil, de 2009 a 2010. Fonte: *Photoperiod calculator* Lammi, J; Instituto Nacional de Meteorologia, Lençóis. ☐ = estação chuvosa; ☐ = estação seca. 17
- Figura 5. Variação mensal de brotamento e queda foliar para 30 espécies em uma área de Cerrado Rupestre no Município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. A - porcentagem de intensidade de Fournier; B - Porcentagem de espécies apresentando a fenofase; C - porcentagem de indivíduos apresentando a fenofase. 23
- Figura 6. Fenologia foliar dos grupos fenológicos. A-perenifólias; B- perenifólias episódicas; C-semidecíduas; D- decíduas. 24
- Figura 7. Médias e desvio padrão do potencial hídrico de 26 espécies de cerrado em quatro períodos. Ψ_{AM} = potencial hídrico ao amanhecer; Ψ_{MD} = potencial hídrico ao meio-dia. Letras iguais entre as medidas dos mesmos horários não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os meses. 29
- Figura 8. Ordenação de análise de componentes principais baseada no potencial hídrico de 26 espécies. Os eixos 1 e 2 correspondem, juntos, a mais de 70% da variação dos dados. A - potencial hídrico ao amanhecer; B - potencial hídrico ao meio-dia. ▲ = espécies perenifólias e perenifólias episódicas; ■ = espécies decíduas e semidecíduas; 1= *Ilex velutina*; 2= *Dydimopanax vinosum*; 3= *Aspilia foliosa*; 4= *Croton velutinus*; 5 = *Sapium glandulatum*; 6= *Casearia sylvestris*; 7= *Vantanea obovata*; 8= *Vismia guianensis*; 9= *Ocotea percoriacea*; 10 = *Ocotea sp.*; 11= *Aegiphila verticillata*; 12 = *Camptosema coriaceum*; 13= *Calliandra paterna*; 14= *Byrsonima verbacifolia*; 15= *Myrsine guianensis*; 16= *Eugenia sp.*; 17= *Psidium firmun*; 18 = *Myrcia rostrata*; 19= *Ouratea floribunda*; 20 = *Ouratea hexasperma*; 21= *Roupala Montana*; 22 = *Alibertia concolor*; 23= *Alibertia sp.*; 24 = *Zanthoxylum rhoifolium*; 25= *Lippia microphylla*; 26= *Vochysia tucanorum*. 31

Capítulo 2

- Figura 1. Médias dos dados históricos de precipitação e temperatura para o município de Lençóis, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil para o período de 1997 a 2009. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, Lençóis. □ estação chuvosa; ■ = estação seca 47
- Figura 2. Médias mensais do fotoperíodo (A), umidade relativa do ar (B), temperatura (C) e precipitação total mensal (D) no Município de Lençóis, Chapada Diamantina – BA, Brasil, de 2005 a 2007 e de 2009 a 2010. Fonte: *Photoperiod calculator* Lammi, J; Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). 48
- Figura 3. Fenologia da floração de 30 espécies lenhosas em uma área de cerrado rupestre, Palmeiras – BA. (A) Percentual de espécies; (B) percentual de indivíduos; (C) percentual de Fournier. Registros realizados nos períodos indicados nos gráficos. 54
- Figura 4. Fenologia da frutificação de 30 espécies lenhosas em uma área de cerrado rupestre, Palmeiras – BA. (A) Percentual de espécies; (B) percentual de indivíduos; (C) percentual de Fournier. Registros realizados nos períodos indicados nos gráficos. 55
- Figura 5. Proporção de recursos (flores e frutos maduros) por síndromes, baseado na proporção total alcançada por mês para o conjunto das 30 espécies, nos dois períodos de estudo (abril de 2006 a setembro de 2007 e março de 2009 a agosto de 2010) em uma área de cerrado rupestre, Palmeiras, BA. meli = melitófila; ornito = ornitófila; faleno = falenófila; miiio = miiófila; auto = autocórica; zoo = zoocórica; ane = anemocórica. 56

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1. Lista das espécies estudadas de Cerrado Rupestre localizado no Município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil com as respectivas famílias, fenologia registrada de março de 2009 a agosto de 2010; grupos fenológicos a que pertencem (GF) (P = perenifólia; PE = perenifólia episódica; SD = semidecídua; D = decídua) e o número de indivíduos (N) acompanhados de cada espécie. ■ = Brotamento; ■ = Queda foliar; ■ = Pico de queda foliar.

25

Tabela 2. Déficit de pressão de vapor do ar (DPV) registrado às 4:20h e 12:20h, nos diferentes dias de medidas do potencial hídrico em um Cerrado Rupestre no Município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.

29

Tabela 3. Médias do potencial hídrico antes do amanhecer (Ψ_{AM}), potencial hídrico ao meio-dia (Ψ_{MD}) a amplitude de variação do potencial hídrico ($\Delta\Psi$) de 26 espécies lenhosas de uma área de cerrado, município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. □ = espécies perenifólias; ■ = espécies perenifólias episódicas; □ = espécies semidecíduas; □ = espécies decíduas.

35

Capítulo 2

Tabela 1. Espécies estudadas no cerrado do município de Palmeiras- BA, padrões fenológicos de floração e frutificação (A=anual; Sb=subanual; Sp=supra-anual; C=contínuo, L=longo; Ct=curto; I=intermediário), SP =síndromes de polinização (M=melitofilia; Mi=miiofilia; O=ornitofilia; F= falenofilia) e SD = síndromes de dispersão (Ane= anemocoria; Aut=autocoria; Zo=zoocoria). ■ = Botões; ■ = Flores em antese; ■ = Frutos imaturos; □ = Frutos maduros.

57

Tabela 2. Resultado do teste de correlação de Spearman (r_s) significativa ($p < 0,05$) entre os fatores climáticos e a fenofases reprodutivas, para todo o período (2005 a 2007 e 2009 a 2010) sem separação, em uma área de Cerrado Rupestre no Município de Palmeiras, BA. Bt = botão; Fl = flor; Fi = fruto imaturo; Fm = fruto maduro.

61

INTRODUÇÃO GERAL

O estudo fenológico avalia os eventos biológicos repetitivos e as causas de sua ocorrência em relação aos fatores bióticos, abióticos, endógenos e da restrição filogenética (Willians-Linera & Meave 2002), e pode ser observada a níveis sucessivos de organização, desde indivíduos, populações, espécies, gêneros, até comunidades (Rathcke & Lacey 1985, Primack 1985, Newstrom *et al.* 1994).

A fenologia contribui para a compreensão da regeneração e reprodução das plantas, da organização temporal dos recursos dentro das comunidades, das interações planta-animal e da evolução da história de vida dos animais que dependem de plantas para alimentação, como herbívoros, polinizadores e dispersores (Morellato 1991; van Shaick *et al.* 1993, Morellato & Leitão-Filho 1992, 1996; Talora & Morellato 2000).

Entre os fatores bióticos, a polinização e dispersão de sementes são considerados fatores seletivos importantes na determinação dos padrões de floração e frutificação das plantas (Gentry 1974), sendo cruciais para a reprodução das plantas, que geralmente é sincronizada de forma a maximizar o uso da sazonalidade dos agentes, tanto de polinização como de dispersão (Monastério & Sarmiento 1976; Newstrom *et al.* 1994; Howe & Westley 1997).

A diversidade das síndromes florais mostra a riqueza de interações entre flores e polinizadores, sendo importante na compreensão dos mecanismos de diversificação das características florais. (Yamamoto *et al.* 2007, Dutra *et al.* 2009). A dispersão, por sua vez, é um processo dinâmico que tem influência nos padrões de distribuição dos diásporos a partir da planta-mãe (Pijl 1982), evita a mortalidade de sementes e plântulas próximas à planta-mãe, auxilia na recolonização de habitats perturbados e possibilita o encontro de microhabitats novos, adequados ao estabelecimento e crescimento de novas plantas (Howe & Smallwood, 1982; Almeida-Cortez, 2004). Os dados de floração e frutificação por síndromes permitem inferir sobre a melhor época de disponibilidade de recursos para polinizadores e dispersores, respectivamente.

Nas regiões tropicais, a temperatura ambiental é relativamente constante ao longo do ano, porém não a umidade, visto que a disponibilidade de água flutua enormemente de forma cíclica em um período anual (Williams-Linera & Meave 2002). Por conta dessa variação, a disponibilidade hídrica é um dos fatores abióticos que vem sendo alvo de investigações, principalmente em áreas periodicamente secas, em que a estacionalidade climática é

consequência da pluviosidade sazonal (Reich 1994, Willians-Linera & Meave 2002), e vem sendo associada à sazonalidade da fenodinâmica foliar, de floração e de frutificação (Sarmiento & Monasterio 1983).

Segundo Reich (1994), as variações na precipitação influenciam a fenologia através de efeitos na umidade do solo e estado de água na planta. Assim, a variação sazonal no estado hídrico das plantas constitui a ligação causal entre sazonalidade climática e fenologia. No Brasil, estudos que relacionaram fenologia e estado hídrico de plantas foram realizados especialmente no cerrado (Prado *et al.* 2004; Franco *et al.* 2005).

Uma das características mais marcantes do cerrado é a sazonalidade climática, que define a existência de dois períodos climáticos bem marcados: um quente e úmido e outro frio e seco (Eiten 1972, Sarmiento 1984). No período seco ocorrem incêndios frequentes (Miranda *et al.* 2002) e o solo está sujeito a um déficit hídrico sazonal nas camadas mais superficiais (Franco 2002). No entanto, as espécies lenhosas de cerrado possuem mecanismos que facilitam sua sobrevivência e reprodução durante o período seco, quando aumenta a restrição hídrica neste ambiente (Sarmiento 1984, Oliveira 1998).

Devido à sua ocorrência preponderante em regiões de clima estacional, onde as estações seca e chuvosa são bem definidas (Ratter *et al.* 1997, Oliveira 1998, Coutinho 2002), as espécies vegetais do Cerrado apresentam variações periódicas nos padrões de crescimento e reprodução, intimamente relacionadas com a sazonalidade climática. Tais variações podem ser interpretadas como estratégias adaptativas que permitem viabilizar a reprodução e a sobrevivência das espécies (Oliveira 1998).

A existência de estruturas que conservam água, como xilopódios, ou um sistema radicular bem desenvolvido, que muitas vezes pode alcançar camadas mais profundas do solo, onde há água disponível (Eiten 1972, Jackson *et al.* 1999, Oliveira *et al.* 2005), são responsáveis pela manutenção de estruturas aéreas de sustentação e fotossintetizantes ao longo do ano (Eiten 1972, Sarmiento 1984). Diante dessas características, o ciclo de vida das espécies arbóreo-arbustivas do cerrado tende a ser perene.

Na maioria das espécies de cerrado o crescimento é periódico e sazonal, predominando o hábito sempre-verde (Sarmiento *et al.* 1985), seguidos do hábito decíduo e semidecíduo, com a renovação das folhas ocorrendo na estação seca (Miranda 1995, Oliveira 1998, Batalha & Mantovani 2000). A grande maioria das espécies lenhosas do cerrado restringe consideravelmente a abertura estomática durante a estação seca no curso do dia logo após as primeiras horas da manhã (Johnson *et al.*, 1983; Franco, 1983; Perez & Moraes, 1991;

Franco, 1998; Moraes & Prado, 1998). No entanto, algumas espécies apresentam restrição estomática mesmo durante a estação chuvosa, dependendo da demanda evaporativa da atmosfera (Franco, 1998; Meinzer *et al.*, 1999; Franco & Lüttge, 2002). Períodos secos de curta duração na estação chuvosa rapidamente levam a uma redução considerável na abertura estomática e na taxa de assimilação de CO₂ (Mattos *et al.* 2002).

Em relação à fenologia reprodutiva, encontram-se espécies com flores durante todo o ano, sendo que a maioria floresce na estação seca (Frankie *et al.* 1974, Monasterio & Sarmiento 1976; Miranda 1995), ou no início da estação chuvosa (Oliveira 1998; Batalha & Mantovani 2000). A frutificação é sazonal, sendo os frutos carnosos zoocóricos geralmente produzidos durante a estação chuvosa, e os secos, anemo ou autocóricos, durante a seca (Oliveira 1998, Batalha & Mantovani 2000).

Na região da Chapada Diamantina, até o momento, estudos de fenologia em nível de comunidade foram realizados apenas em áreas de florestas (Funch *et al.* 2002; Cerqueira 2009), campo rupestre (Conceição 2003), e em vegetação de capitanga (Rocha 2004), que relacionaram as estratégias fenológicas aos fatores climáticos e às síndromes de polinização e dispersão. E estudos que relacionaram estado hídrico à fenologia foliar nesta região são escassos, havendo apenas um, realizado em Mata Ciliar e Mata de Encosta (Miranda *et al.* 2011).

Considerando a importância de estudos fenológicos em nível comunitário, o presente estudo teve como objetivo observar a fenologia reprodutiva e vegetativa de espécies lenhosas de uma área de cerrado rupestre, Chapada Diamantina, Bahia, analisando a ligação de diversos fatores aos padrões fenológicos encontrados. A fenologia reprodutiva foi correlacionada aos fatores ambientais, além das síndromes de polinização e dispersão, enquanto a fenologia foliar foi relacionada a fatores ambientais e ao potencial hídrico das plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida-Cortez, J. S. 2004. Dispersão e banco de sementes. In: Ferreira, A. G.; Borghetti, F. (Ed). Germinação: do aplicado ao básico. Porto Alegre, Artmed: 225-235.-

Batalha, M. A. & Mantovani, W. 2000. Reproductive phenological patterns of Cerrado plant species at the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. *Revista Brasileira de Biologia* 60(1): 129-145.

Conceição, A. A. 2003. Ecologia da vegetação em afloramentos rochosos na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Dutra, V. F.; Vieira, M. F.; Garcia, F. C. P. & Lima, H. C. de. 2009. Fenologia reprodutiva, síndromes de polinização e dispersão em espécies de leguminosas dos campos rupestres do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia* 60(2): 371-387.

Eiten G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review* 38(2): 201-341.

Franco, A. C. 1998. Seasonal patterns of gas exchange, water relations and growth of *Roupalla montana*, an evergreen savanna species. *Plant Ecology* 136: 69-76.

Franco, A. C. 2002. Ecophysiology of woody plants. In: Oliveira O. S.; Marquis RJ, eds. The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savannah. Irvington: Columbia University Press 178-197.

Franco, A. C. & Lüttge, U. 2002. Midday depression in savanna trees: coordinated adjustments in photochemical, efficiency, photorespiration, CO₂ assimilation and water use efficiency. *Oecologia* 131:356-365.

Franco, A.C.; Bustamante, M.; Caldas, L.S.; Goldstein, G.; Meinzer, F.C.; Kozovits, A.R.; Rundel, P. & Coradin, V.T.R. 2005. Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. *Trees* 19: 326-335.

Franco, A. C. 1983. Fotossíntese e resistência foliar em *Didymopanax macrocarpum*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil. 79 p.

Frankie, G.W.; Baker, H. & Opler, P. A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 62(3): 881-919.

Funch, L. S.; Funch, R & Barroso, G.M. 2002. Phenology of gallery and montane forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. *Biotropica* 34: 40-50.

Gentry, A. H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6:48-64.

Howe, F.H. & Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematic* 13: 201-228.

Howe, H. F. & Westley, L. C. 1997. Ecology of pollination and seed dispersal. *In: Plant ecology* (M.J. Crawley, ed.). Blackwell Science, Oxford: 262-283.

Jackson, P.C.; Meinzer, F.C.; Bustamante, M.; Goldstein, G.; Franco A.C.; Rundel, P. W.; Caldas, L.; Iglar, E. & Causin, F. 1999. Partitioning of soil water among tree species in a Brazilian Cerrado ecosystem. *Tree Physiology* 19: 717-724.

Johnson, C.; Franco, A. C.; Caldas, L. S. 1983. Fotossíntese e resistência foliar em espécies nativas do cerrado: metodologia e resultados preliminares. *Revista Brasileira de Botânica* 6:91-97.

Mattos, E.A.; Lobo, P.C.; Joly, C.A. 2002. Overnight rainfall inducing rapid changes in photosynthetic behaviour in a cerrado woody species during a dry spell amidst the rainy season. *Aust. J. Bot.*, 50: 241- 246.

Meinzer, F.C.; G. Goldstein, A.C.; Franco, M.; Bustamante, E.; Iglar, P.; Jackson, L.; Caldas and Rundel, P.W. 1999. Atmospheric and hydraulic limitations on transpiration in Brazilian Cerrado woody species. *Funct. Ecology*. 13: 273-282.

Miranda, L. P.; Vitória, A. P., Funch, L. S. 2011. Leaf phenology and water potential off live arboreal species in gallery and montane forests in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. *Environmental and Experimental Botany* 70: 143-150.

Miranda, H.S.; Bustamante, M. & Miranda, A.C. 2002. The fire factor. *In: The cerrados of Brazil* (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press, New York: 51-68.

Miranda, I. S. 1995. Fenologia do estrato arbóreo de uma comunidade de cerrado em Alterdo-Chão, PA. *Revista Brasileira de Botânica* 18(2): 235-240.

Moraes, J.A.P.V.; Prado, C.H.B.A. 1998. Photosynthesis and water relations in cerrado vegetation. *In: Scarano, F.R.; Franco, A.C. (eds) Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in the Neotropics. (Oecologia Brasiliensis 4.)* PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, 45-63.

Morellato, L. P. C. 1991. Fenologia de árvores, arbustos e lianas em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. Tese de doutorado, Universidade de Campinas, Campinas.

Morellato, L.P.C. & Leitão-Filho, H.F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão de sementes 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, ed.). Universidade Estadual de Campinas/Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, Campinas: 112-140.

Monasterio, M. & Sarmiento, G. 1976. Phenological strategies of plant species in tropical savanna and the semi-deciduous forest of the Venezuelan Llanos. *Journal of Biogeography* 3: 325-356.

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(2): 141-159.

Oliveira, P. E. 1998. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies do cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, eds. *Cerrado, ambiente e flora*. Planaltina: Embrapa: 169–192.

Oliveira, R.S.; Bezerra, L.; Davidson, E.A.; Pinto, F.; Klink, C.A.; Nepstad, D.C. & Moreira, A. 2005. Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. *Functional Ecology* 19(4): 574-581.

Perez, S.C.J.G.A. & Moraes, J.A.P.V. 1991. Determinação do potencial hídrico, condutância estomática e potencial osmótico em espécies dos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo de um cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 3: 27-37.

Prado, C.H.B.A.P.; Wenhui, Z.; Rojas, M.H.C. & Souza, G. M. 2004 . Seasonal leaf gas exchange and water potential in a woody cerrado species community. *Brazilian J. Plants Physiology* 16(1):7-16.

Primack, R.B. 1985. Patterns of flowering phenology in communities, populations, individuals, and single flowers. In *The population structure of vegetation* (J. White, ed.). *Handbook of vegetation science*, Dr. W. Junk Publ., Dordrecht, 3: 571-593.

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.

Reich, P. B. 1994. Phenology of tropical forest: Patterns, causes and consequences. *Can. J. Bot.* 73: 141-159.

Rocha, F.F. 2004. Fenologia de uma vegetação de Capitinga, Chapada Diamantina, Bahia. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.

Sarmiento, G. & Monastério, M. 1983. Life forms and phenology. In: Bourlière, F (ed.). *Ecosystems of the world: Tropical savannas*. Elsevier Science, Amsterdam: 79-108.

Sarmiento, G. 1984. *The Ecology of Neotropical Savannas*. Cambridge, Harvard University Press, 235 p.

Sarmiento, G.; Goldstein, G. & Meinzer, F. 1985. Adaptive strategies of woody species in Neotropical savannas. *Biological Review* 60: 315–355.

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.

Van der Pijl, L. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*. Springer-Verlag, New York, 215p.

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.

Williams-Linera, G. & Meaves, J. 2002. Patrones fenológicos. *In: Ecología y conservación de bosques neotropicales* (M. R. Guarigata & G. H. Kattan eds.). Libro Universitario Regional, Costa Rica. 407- 431.

Yamamoto, L.F.; Kinoshita, L.S. & Martins, F.R. 2007. Síndromes de polinização e dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 21(3): 553-567.

Capítulo 1

Fenologia foliar e potencial hídrico de espécies lenhosas em uma área de cerrado rupestre, na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil

Resumo (Fenologia foliar e potencial hídrico de uma comunidade de cerrado rupestre, na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil). Este estudo teve como objetivo, investigar os padrões fenológicos de queda e brotamento foliar de 30 espécies lenhosas de uma área de cerrado rupestre, avaliando a influência dos fatores ambientais e do potencial hídrico sobre as estratégias fenológicas. Três parcelas de 20x50m foram delimitadas em uma área de cerrado rupestre, situada no entorno do Parque Nacional da Chapada Diamantina, no Município de Palmeiras, Bahia (12° 27' 30,9" S e 41° 27' 28,3" W). Para o acompanhamento fenológico, foram amostrados 190 indivíduos pertencentes a 30 espécies distribuídas em 21 famílias. As observações fenológicas ocorreram entre março de 2009 a agosto de 2010, e as medidas do potencial hídrico foram realizadas nas estações seca, chuvosa e em períodos de pluviosidade intermediária. Os resultados obtidos mostram um padrão contínuo de brotamento foliar e os maiores episódios de queda foram registrados na estação seca. O grupo fenológico predominante foi o das perenifólias e perenifólias episódicas, seguidas de decíduas e semidecíduas. Os grupos apresentaram valores de potencial hídrico similares ao longo dos três períodos de observação, porém, na comunidade, houve diferença do potencial hídrico ao amanhecer entre as épocas, e ao meio-dia não houve diferença significativa entre as medidas do período seco e chuvoso, e foi encontrada diferenças entre estes e o período de pluviosidade intermediária. Embora as espécies lenhosas do cerrado rupestre mantenham sempre baixo o potencial hídrico ao longo do ano, a menor disponibilidade hídrica imposta a estas plantas, não impediu o estabelecimento de diferentes padrões fenológicos, inclusive com a predominância do padrão perenifólio que se refletiu na comunidade.

Palavras-chave: Cerrado, fenologia foliar, potencial hídrico.

Abstract (Leaf phenology and water potential of a community of cerrado rupestre, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil). This study aimed to investigate the patterns phenological of leaf fall and leaf budding of 30 woody species in a savannah area, evaluating the influence of environmental factors and water potential on the phenological strategies. Three plots were delimited in a 20x50m cerrado rupestre area, located in the vicinity of the Chapada Diamantina National Park in the municipality of Palmeiras, Bahia (12 ° 27 '30.9 "S and 41 ° 27' 03.28" W). For phenological monitoring, were sampled 190 individuals belonging to 30 species in 21 families. The phenological observations occurred between March 2009 and August 2010, and measurements of water potential were conducted in dry, wet and intermediate periods of rainfall. The results show a continuing pattern of leaf bud and the greatest episodes of fall were recorded in the dry season. The predominant phenology group was of evergreen and evergreen episodic, followed by deciduous and semideciduous. The groups showed similar values of water potential over the three periods of observation, however, in the community there was a difference of the water potential at dawn between times, and at noon there was no significant difference between measurements of the dry and rainy seasons, and found differences between these and the intermediate period of rainfall. Although the woody species of the cerrado rupestre always maintain low the water potential along the year, the smallest readiness of imposed water the these plants, it didn't impede the establishment of different patterns phenological, besides with the predominance of the pattern perennial that was reflected in the community.

Keywords: cerrado, leaf phenology, water potential

INTRODUÇÃO

Entre as formações savânicas do mundo, o cerrado se destaca como um dos grandes centros de biodiversidade, ocupando a porção central da América do Sul e apresentando áreas de transição com outros biomas desse continente: Mata Atlântica, Floresta Amazônica, Caatinga e Pantanal (Franco 2004, Palhares *et al.* 2010).

O Cerrado constitui o segundo maior bioma do Brasil ocupando mais de 200.000.000 Km² e abrigando um rico patrimônio de recursos naturais renováveis adaptados às condições climáticas, edáficas e ambientais que determinam a sua existência (Klink *et al.* 2001). Na Chapada Diamantina, as áreas de cerrado encontram-se em maior abundância na face leste desse complexo montanhoso, já que o mesmo funciona como barreira física à umidade oceânica, proporcionando umidade suficiente para o estabelecimento do mesmo (Grillo 2008).

Uma das características mais marcantes do cerrado é a sazonalidade climática, que define a existência de dois períodos climáticos bem marcados: um quente e úmido e outro frio e seco (Eiten 1972, Sarmiento 1984). Esta sazonalidade climática juntamente com as características edáficas e a ocorrência de queimadas frequentes determinam a distribuição, estrutura e funcionamento das diferentes formações vegetais do cerrado (Eiten, 1972).

A fitofisionomia estudada caracteriza-se como cerrado rupestre, que é uma fitofisionomia geralmente situada em altitudes elevadas (Ribeiro & Walter 1998), os solos são classificados como Neossolo Litólicos, onde as plantas se fixam nas fendas entre as rochas, onde ocorrem acúmulo e decomposição de matéria orgânica e maior deposição de areia resultante do intemperismo das rochas (Reatto *et al.* 2008, Ribeiro & Walter 2008).

Dentre os modelos teóricos que tentam explicar a dinâmica fitofisionômica deste bioma, a disponibilidade de água no solo desponta como a principal variável. As espécies apresentam desta forma, um gradiente de respostas que vai da deciduidade (estresse hídrico significativo) ao aumento da área foliar durante a estação seca (plena captação de água no solo) (Palhares *et al.* 2010), o que define diferentes grupos fenológicos para as espécies lenhosas deste bioma, no que diz respeito à produção e queda de folhas. Segundo Lenza & Klink (2006), há desde espécies estritamente verdes (cuja produção de folhas se dá por períodos prolongados) até espécies totalmente decíduas (em que os períodos de produção e perda foliar são bem marcados).

Vários trabalhos mostram que o desencadeamento dos eventos fenológicos em espécies tropicais é fortemente correlacionado com a variação sazonal no *status* hídrico da planta

(Daubernmire 1972; Borchert 1980; Reich & Borchert 1982; Borchert 1994), e que este varia conforme a disponibilidade de água no sub-solo, a estrutura e longevidade foliar (Borchert 1994). Segundo Loubry (1994), há uma variedade de padrões fenológicos nas regiões neotropicais que podem ou não estar relacionado ao regime de chuvas. Portanto, o estresse hídrico parece ser a causa principal de queda foliar, mas pode não ser a única (Borchert & Rivera 2001).

Estudos fenológicos realizados no cerrado em nível de comunidade abordando somente padrões fenológicos vegetativos são escassos (Franco 1998, Franco *et al.* 2005, Damascos *et al.* 2005, Rossalto 2008), ressaltando-se que nenhum destes estudos foi realizado nas áreas de cerrado da Chapada Diamantina.

Neste estudo foi acompanhada a fenologia foliar de 30 espécies lenhosas de uma área de cerrado rupestre, e realizada medida do potencial hídrico da maioria das espécies (26) em diferentes condições ambientais. Objetivou-se enquadrar as espécies em grupos fenológicos a partir de suas estratégias de queda e brotamento foliar, além de responder as seguintes questões: 1. As estratégias fenológicas da comunidade estudada são influenciadas significativamente pelas variáveis ambientais (fotoperíodo, temperatura, precipitação e umidade relativa)? 2. As estratégias fenológicas dos grupos fenológicos são influenciadas significativamente pelas variáveis ambientais? 3. Há variações dos valores de potencial hídrico na comunidade entre as estações seca, de pluviosidade intermediária e estação chuvosa? 4. Há variações dos valores do potencial hídrico entre os grupos fenológicos nas estações seca, de pluviosidade intermediária e estações chuvosa? 5. Espécies de mesmo grupo fenológico exibem potencial hídrico semelhante?

METODOLOGIA

Área de estudo

O estudo foi realizado em uma área de cerrado, na Chapada Diamantina, Município de Palmeiras, Bahia, entre as coordenadas geográficas 12° 27' 30,9" S e 41° 27' 28,3" W. A área está situada no entorno do Parque Nacional da Chapada Diamantina, Zona de Proteção Rígida da APA Marimbú-Iraquara, a aproximadamente 800 m de altitude, sob clima mesotérmico, tropical semi-úmido, do tipo Cwb, de acordo com a classificação de Köppen (1948). A precipitação média anual fica em torno de 1000mm e a temperatura média por volta

de 22° C (Grillo 2008). Os maiores índices pluviométricos concentram-se entre os meses de novembro a março (período chuvoso) e o período mais seco ocorre nos meses de julho a outubro (Figura 1).

O Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD) é formado por um mosaico vegetacional, onde predominam os campos rupestres em altitudes acima de 800 m, florestas estacionais semidecíduais e perenifólias ao longo das margens dos rios e nas encostas das montanhas, tendo no seu entorno, áreas de cerrado e caatinga (Funch *et al.* 2009). O cerrado cobre pequenas áreas no Parque Nacional da Chapada Diamantina, em geral ocorrendo sobre solos predominantemente arenosos.

Baseado em caracteres pedológicos, florísticos e ecológicos, este cerrado foi classificado como uma formação savânica do tipo Cerrado Rupestre (Figura 2), com cobertura arbórea entre 5 e 20%, sobre solos superficiais com afloramentos rochosos. O Cerrado Rupestre ocorre nas vertentes dos morros em sítios mais secos e pedregosos, sendo denominados regionalmente de “cerrados de altitudes” ou “cerrados de encosta” (Grillo 2008).

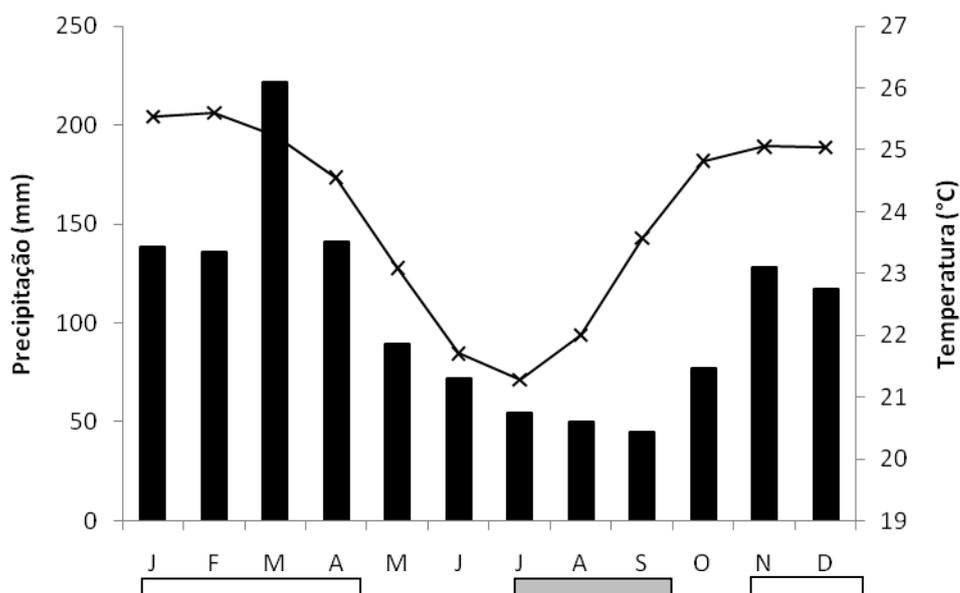


Figura 1. Médias dos dados históricos de precipitação e temperatura para o município de Lençóis, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil para o período de 1997 a 2009. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, Lençóis. □ =estação chuvosa; ■ =estação seca.

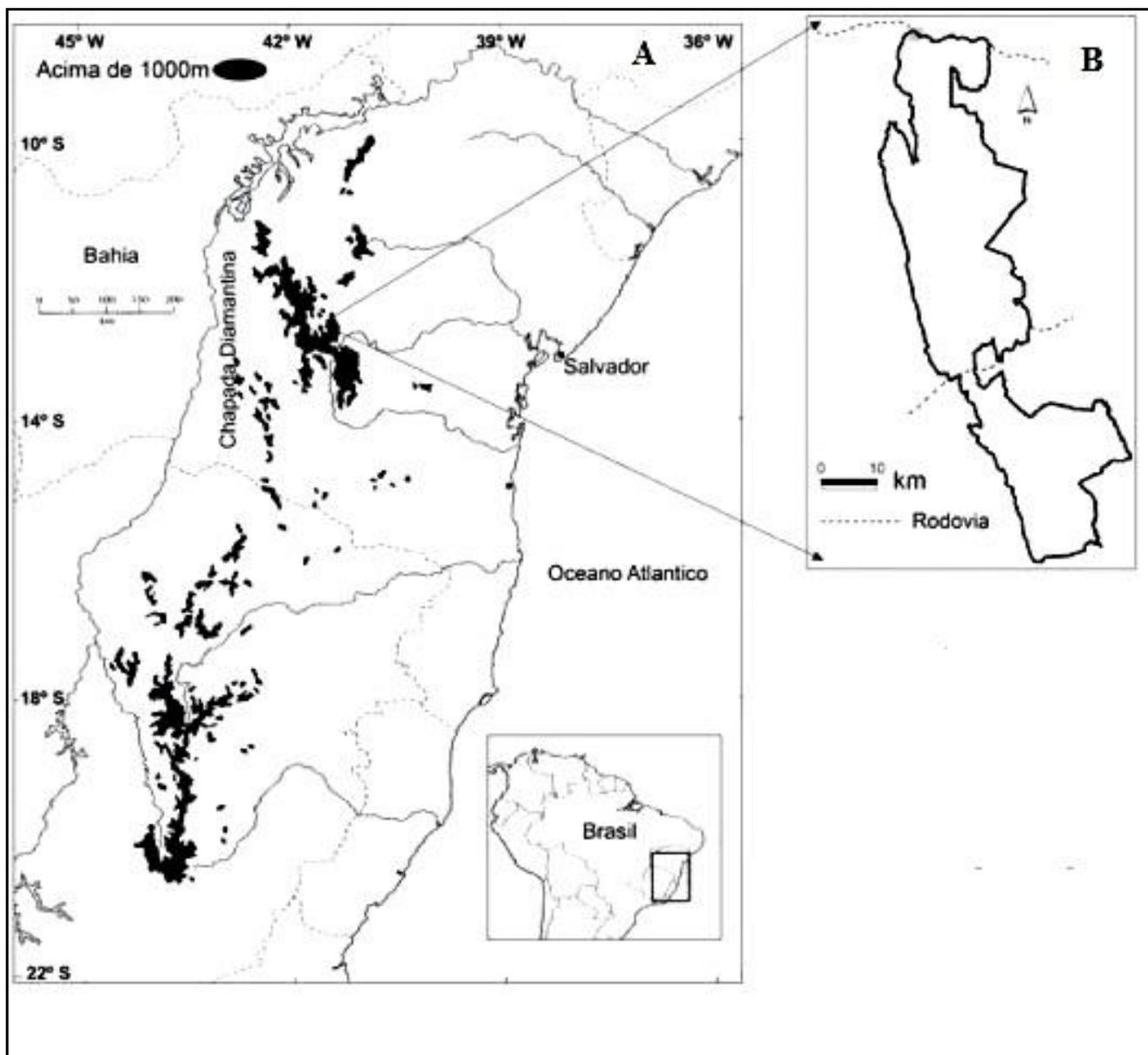


Figura 2. Localização geográfica da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil (A), indicando o perímetro do Parque Nacional da Chapada Diamantina (B).



Figura 3. Aspectos da área de Cerrado Rupestre estudada, município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.

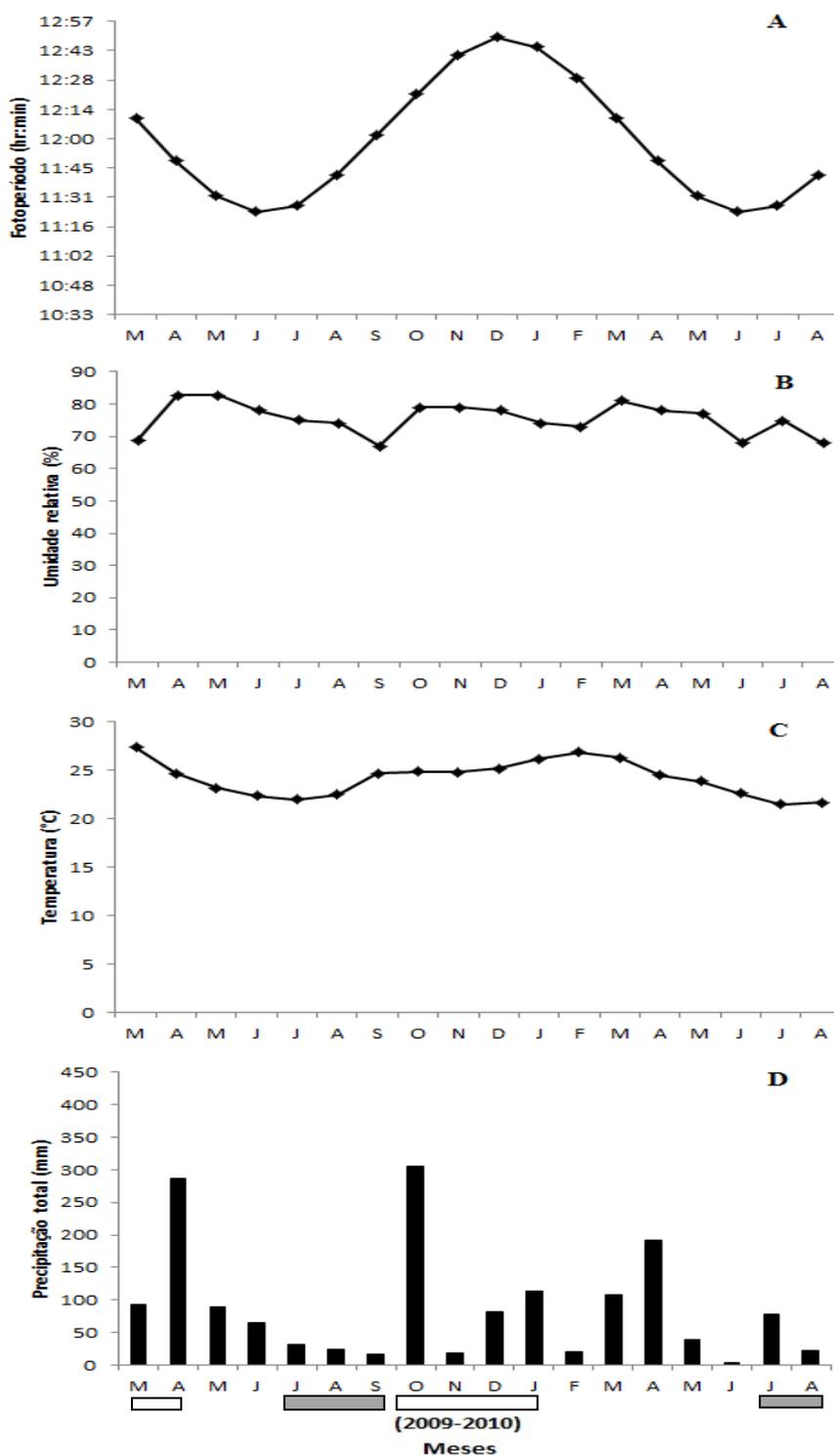


Figura 4. Médias mensais do fotoperíodo (A), umidade relativa do ar (B), temperatura (C) e precipitação total mensal do município de Lençóis, Chapada Diamantina – BA, Brasil, de 2009 a 2010. Fonte: *Photoperiod calculator* Lammi, J; Instituto Nacional de Meteorologia, Lençóis. □= estação chuvosa; ■= estação seca.

Fenologia foliar

Para as observações foram delimitadas três parcelas de 20 x 50 metros, paralelas e distantes 20 metros entre si, totalizando uma área de 3000m².

Para o acompanhamento fenológico das fenofases de brotamento e queda foliar, foram marcados 190 indivíduos pertencentes a 30 espécies e distribuídas em 21 famílias, observados durante os meses de março de 2009 a agosto de 2010, totalizando 18 meses de observação.

O número de indivíduos observados por espécie variou em função da densidade nas parcelas, uma vez que foram amostrados todos os indivíduos com DAS (diâmetro na altura do solo) ≥ 5 cm. Desta forma, três espécies (10%) foram monitoradas com onze a quatorze indivíduos, quatro (13,33%) com apenas um indivíduo, sete espécies (23,33%) com dois a quatro indivíduos, dezesseis (53,33%) com cinco a dez indivíduos.

Para a avaliação fenológica foi adotado o método semi-quantitativo proposto por Fournier (1974), o qual avalia individualmente as fenofases, utilizando categorias de uma escala variando de zero a quatro, com um intervalo de 25% entre as mesmas. Considerando a intensidade de cada fenofase, foi calculada a porcentagem de Fournier.

Durante as observações foram registradas a presença e ausência das fenofases nos indivíduos, permitindo inferir sobre o índice de atividade (porcentagem de indivíduos) na comunidade (sincronia interespecífica). Foi considerado evento fenológico não sincrônico: <20% de indivíduos na fenofase; pouco sincrônico ou sincronia baixa: 20-60% de indivíduos na fenofase e sincronia alta: >60% de indivíduos na fenofase (Benke & Morellato 2002).

Os grupos fenológicos de queda e brotamento foliar para as espécies foram adaptados de Frankie *et al.* (1974): perenifólias – com produção e perda contínua de pequenas quantidades de folhas, sem nenhuma concentração destas atividades; perenifólias episódicas – com produção e perda descontínua (episódicas) de folhas, com tendência a concentração em determinadas épocas do ano; decíduas e semidecíduas – com produção e perdas foliares marcadas em determinadas épocas do ano, com intensidade da queda foliar maior que 80% nas espécies decíduas e entre 50 e 80% nas semidecíduas

Medidas do potencial hídrico

Foram realizadas medidas do potencial hídrico de 26 espécies entre as que foram acompanhadas no estudo fenológico. O potencial hídrico (ψ_w) das plantas foi medido com uma câmara de pressão de Scholander (PMS Instrument Co–Modelo 1000-USA) em 3 ramos de cada indivíduo (1 indivíduo/ espécie).

Os ramos foram embalados em sacos plásticos, imediatamente após o corte, e armazenados em caixas de isopor contendo gelo, a fim de minimizar as perdas de água pelas folhas. Foram realizadas medidas do potencial antes do amanhecer Ψ_{AM} (entre 4:30 e 5:30 h), e depois do meio dia Ψ_{MD} (entre 12:30 e 13:30 h). A amplitude das variações diárias do potencial hídrico ($\Delta\Psi$) foi calculada a partir dos valores máximos de potencial obtidos ao amanhecer e dos valores mínimos obtidos depois do meio dia ($\Delta\Psi = \Psi_{AM} - \Psi_{MD}$).

Concomitante às medidas do potencial hídrico, foram tomadas as medidas da temperatura e umidade relativa do ar com auxílio de um termo-higrômetro para cálculo do déficit de pressão de vapor (DPV) usando a equação proposta por Jones (1992), em que:

$$DPV = 0,61137 * e^{sp} \left(\frac{17,502 * T}{240,97 + T} \right) * (1 - (UR/100))$$

Onde:

DPV = Déficit de Pressão de Vapor

T = Temperatura

UR = Umidade Relativa

Todas as medidas foram realizadas nas estações seca (setembro), chuvosa (janeiro) e em situação de pluviosidade intermediária (abril), tendo como base para a determinação do período das coletas de dados, o histórico de precipitação da região (Fig. 1).

Análise estatística

Para testar a normalidade da distribuição dos dados da fenologia, foi utilizado o teste de normalidade de Shapiro e Wilk. Uma vez que os dados não apresentaram distribuição normal,

foi realizada a correlação entre os dados fenológicos das espécies estudadas e as variáveis ambientais (fotoperíodo, temperatura, umidade relativa do ar e pluviosidade) utilizando o coeficiente de correlação de Spearman (r_s) (Zar 1996).

Os dados de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), através da Estação Meteorológica de Lençóis (Estação 83242), por ser a mais próxima da área de estudo que continha registros para todo o período de acompanhamento fenológico. O comprimento do dia foi calculado a partir da latitude utilizando o *Photoperiod Calculator* (Lammi 2005).

A normalidade da distribuição das medidas do potencial hídrico (ψ_w) foi verificada por meio do teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov (K-S), adotando-se o nível de 5% de significância.

As médias do potencial hídrico foram comparadas através do Teste T para dados relacionados ao nível de 5% de probabilidade, sendo cada estação considerada um tratamento (período de seca, de pluviosidade intermediária e período chuvoso), utilizado o programa STATISTICA versão 7.1. Para avaliar a ordenação das espécies em relação ao seu potencial hídrico, foi utilizada Análise de Componentes Principais (PCA) com auxílio do programa PAST versão 2.04.

RESULTADOS

Fenologia foliar

Na comunidade avaliada foi observado um padrão contínuo de produção foliar, enquanto que a queda foliar teve um pico de atividade na estação seca do último período estudado (Figura 5A). Quando a análise foi feita em nível de populações, foi possível separar as espécies em quatro grupos fenológicos: perenifólias ($n = 10$), perenifólias episódicas ($n = 8$), semidecíduas ($n = 6$) e decíduas ($n = 6$) (Tabela 1).

Os dados fenológicos da comunidade mostraram que a produção de folhas não atingiu mais de 40% em nenhum dos meses observados. A discreta elevação da produção foliar nos meses de abril e maio de 2010 (Figura 5A) pode ser atribuída principalmente às espécies perenifólias: *Zanthoxylum rhoifolium*, *Alibertia* sp., *Roupala montana*, *Clidemia hirta*, *Calliandra paterna* e *Vochysia tucanorum* e espécies perenifólias episódicas: *Myrcia rostrata* e *Ilex velutina* (Tabela 1).

Nas espécies perenifólias a produção de folhas ocorreu ao longo do ano, o mesmo ocorrendo para a queda foliar. As perenifólias episódicas produziram folhas novas continuamente e perderam suas folhas de forma descontínua, concentrando a perda no período de junho a agosto de 2010. As semidecíduas e decíduas concentraram a queda foliar entre junho e agosto de 2010, com as diferentes espécies mostrando variações em relação à intensidade de queda (Figura 6).

O número de espécies em brotamento foi constantemente alto, evidenciando uma alta sincronia interespecífica, uma vez que mais de 70% das espécies brotaram durante todo o período de observação, com exceção do mês de março de 2010, que mostrou redução considerável do número de espécies emitindo folhas (< 60%) (Figura 5B).

A porcentagem de indivíduos que emitiram suas folhas também se manteve altamente sincrônica (>60% de indivíduos apresentando a fenofase), sendo que esta atividade teve maior sincronia nos meses de abril (2009), novembro (2009) a fevereiro (2010) e abril e maio (2010) (Figura 5C).

O brotamento foliar não apresentou correlação significativa com nenhuma das variáveis ambientais em nenhum dos níveis analisados (índice de Fournier, porcentagem de espécies e porcentagem de indivíduos em brotamento).

A queda foliar também ocorreu de forma contínua na comunidade, em geral com baixa intensidade (menor que 30% para todo o período observado), embora tenha se verificado um período de maior atividade nos meses de junho a agosto de 2010 (cerca de 55%) (Figura 5A). O aumento da abscisão foliar neste período foi determinada, principalmente, pela atividade das espécies decíduas e semidecíduas, como *Eriope hypenioides*, *Gaylussacia brasiliensis*, *Aspilia foliosa* e *Lippia microphylla* (Tabela 1). Estas espécies apresentaram uma alta sincronia intraespecífica e alta intensidade na queda foliar neste período.

Analisando a participação das 30 espécies na queda foliar, observou-se uma variação mensal do número de espécies nesta fenofase, sendo que, no geral, mais de 60% das espécies apresentaram queda foliar durante todo o período de observação, mostrando uma alta sincronia interespecífica (Figura 5B). A porcentagem de indivíduos em queda foliar foi menor do que o número de indivíduos em brotamento durante um longo período, com exceção dos meses de julho a agosto de 2010 (Figura 5C), período em que a comunidade mostrou o maior evento de abscisão foliar.

A queda foliar apresentou correlação significativa negativa com a temperatura ($r_s = -0,66$, $p < 0,05$) e fotoperíodo ($r_s = -0,57$, $p < 0,05$) quando foi utilizado o critério da

porcentagem de espécies em queda. A mesma fenofase apresentou correlação significativa negativa com a umidade relativa ($r_s = 0,52$, $p < 0,05$), quando utilizado o critério de porcentagem de indivíduos em queda na comunidade.

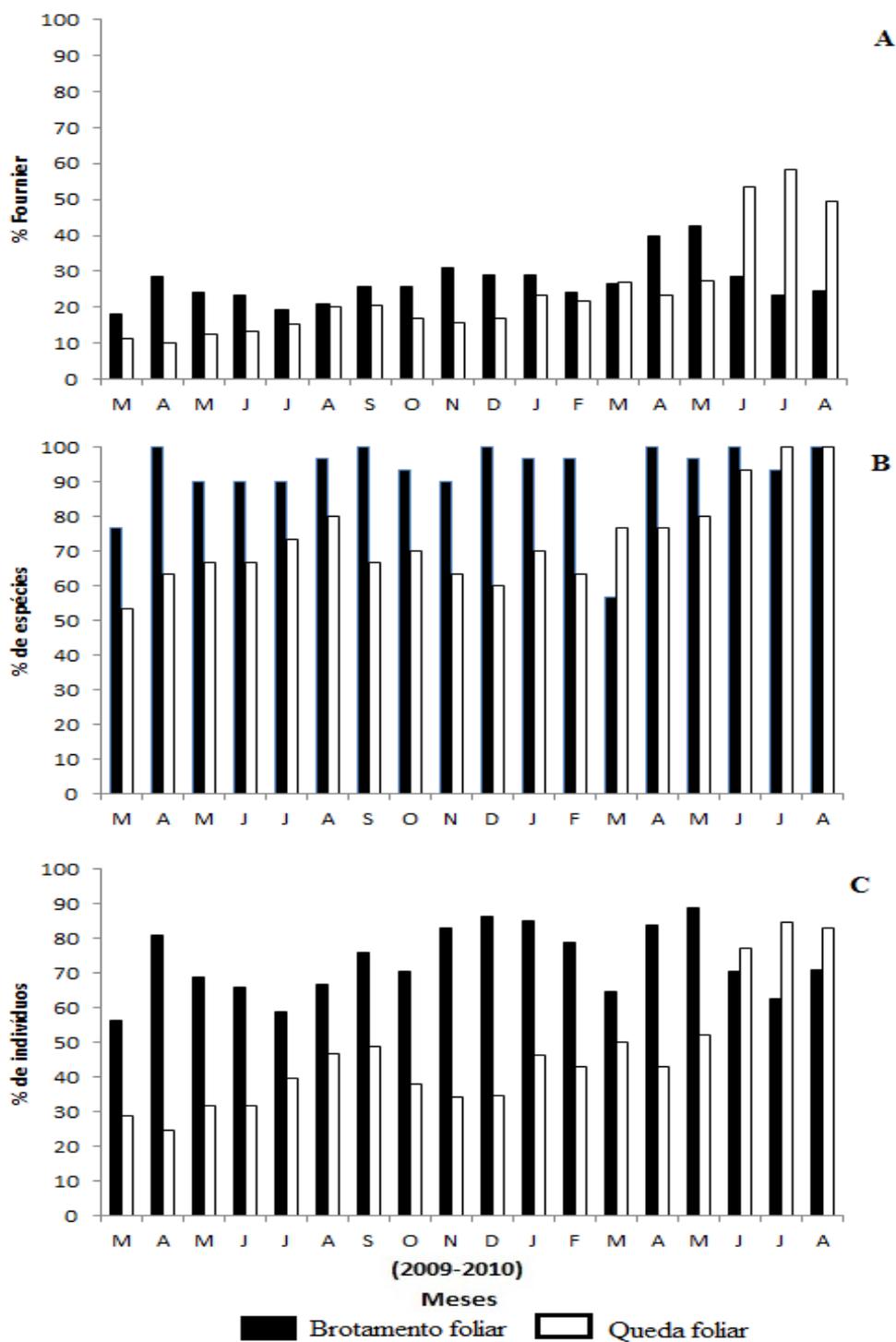


Figura 5. Variação mensal de brotamento e queda foliar para 30 espécies em uma área de Cerrado Rupestre no Município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. A - porcentagem de intensidade de Fournier; B - Porcentagem de espécies apresentando a fenofase; C - porcentagem de indivíduos apresentando a fenofase.

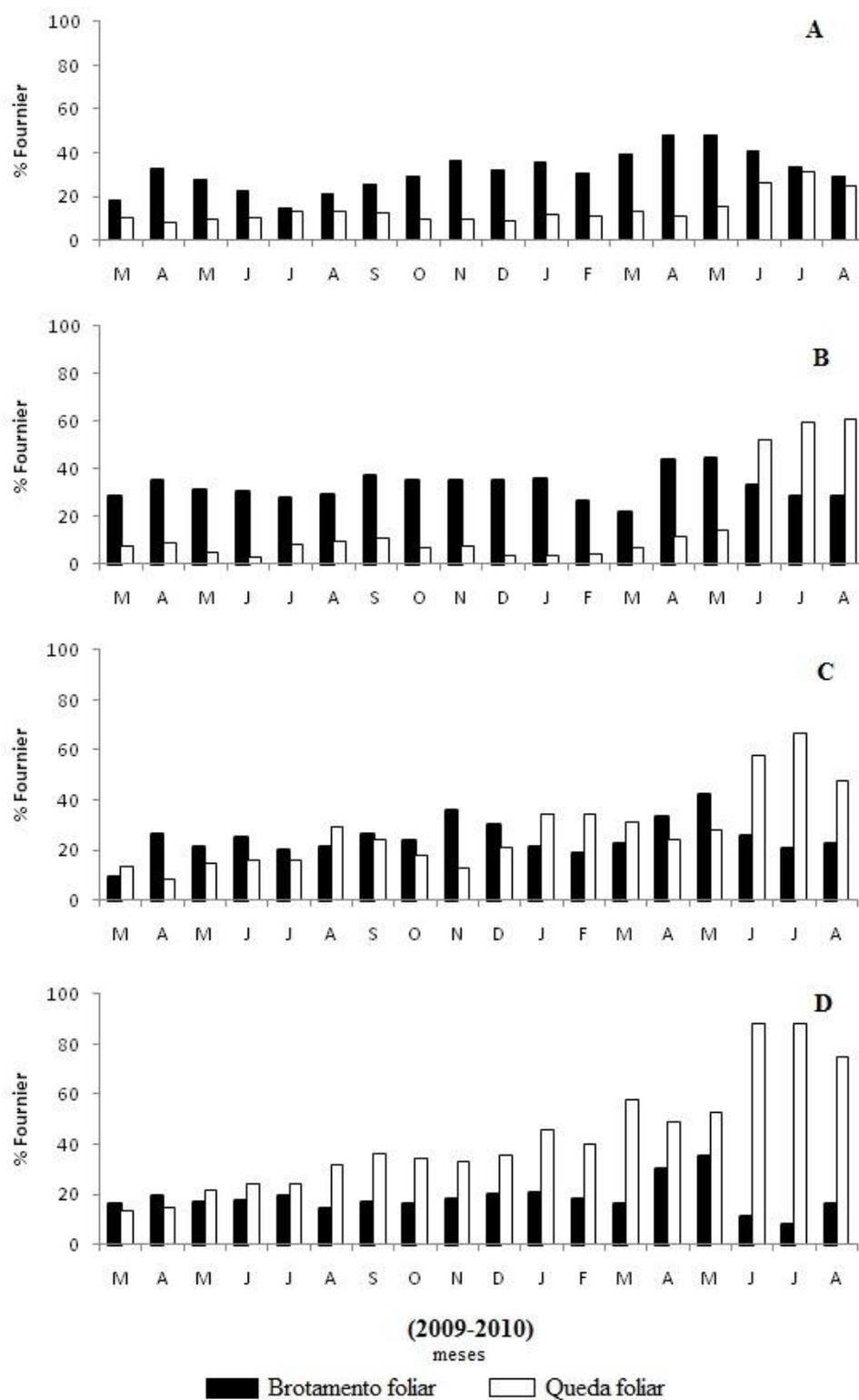


Figura 6. Fenologia foliar dos grupos fenológicos. A- perenifólias; B- perenifólias episódicas; C- semidecíduas; D- decíduas.

Potencial hídrico

Os valores do potencial hídrico das 26 espécies avaliadas na estação seca, chuvosa e em períodos com pluviosidade intermediária estão listados na tabela 3. Na comunidade, a menor média do potencial hídrico antes do amanhecer (Ψ_{AM}) foi registrada em setembro (-1,35 MPa) e a maior em janeiro (-0,91 MPa). E depois do meio-dia, a menor média foi em janeiro de 2010 (-2,36 MPa) e a maior em abril de 2010 (-1,7 MPa) (Figura 7). A maior amplitude diária ocorreu em janeiro, com uma variação de 1,45 MPa e a menor amplitude se deu em abril de 2010, com variação de 0,61 MPa (Figura 7).

A análise estatística mostrou que as medidas de Ψ_{AM} tomadas no mesmo período em anos consecutivos (abril) não mostraram diferença significativa (Figura 7). Contudo, entre as estações houve diferença significativa no Ψ_{AM} , sendo que os potenciais mais elevados ocorreram em janeiro, mês em que o DPV foi menor (Tabela 2). Os potenciais hídricos registrados ao meio dia (Ψ_{MD}) não diferiam significativamente nas estações seca (setembro) e chuvosa (janeiro), diferindo somente das medidas tomadas em situação de pluviosidade intermediária. Medidas tomadas em abril de anos consecutivos mostram diferença significativa nas médias do potencial ao meio-dia.

Em janeiro (2010), mês em que foram registradas as maiores médias de $\Delta\Psi$, a espécie perenifólia *Roupala montana* Aubl. teve o Ψ_{AM} mais alto e Ψ_{MD} mais baixo entre as espécies deste grupo fenológico, com uma amplitude de 3,2 MPa. Entre as perenifólias episódicas, a que obteve maior amplitude foi *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy ($\Delta\Psi = 1,75$ MPa); entre as semidecíduas, *Ouratea floribunda* (A.St. Hil.) Engl. ($\Delta\Psi = 1,85$ MPa), e nas decíduas, *Camptosema coriaceum* (Nees & Mart.) Benth. ($\Delta\Psi = 2,0$ Mpa) (Tabela 3).

No mês em que foi registrada as menores médias da amplitude diária (abril 2009/2010), as espécies perenifólias *Casearia sylvestris* Swartz., *Alibertia concolor* (Cham.) KSchum e *R. montana* apresentaram as maiores amplitudes diárias deste grupo fenológico. Entre as perenifólias episódicas, *Byrsonima verbacifolia* (L.) DC. ($\Delta\Psi = 1,13$ MPa), entre as semidecíduas, não houve grande variação, com todas apresentando amplitude < 1 MPa. E por fim, *C. coriaceum* (decídua) apresentou a maior amplitude do seu grupo. As espécies *Dydimopanax vinosum* (Cham. & Schltdl.) Seem. (perenifólia) e

Aspilia foliosa (Gardner) Baker (decídua), por sua vez, não mostraram diferença entre os Ψ_{AM} e Ψ_{MD} com valores do $\Delta\Psi$ zero ou muito próximo deste número (Tabela 3).

Tabela 2. Déficit de pressão de vapor do ar (DPV) registrado às 4:20h e 12:20h, nos diferentes dias de medidas do potencial hídrico em um Cerrado Rupestre no Município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.

Mês /Ano	DPV (KPa)	
	AM	MD
Abril/2009	0,66	3,7
Setembro/2009	0,47	4,62
Janeiro/2010	0,37	2,36
Abril/2010	0,47	3,95

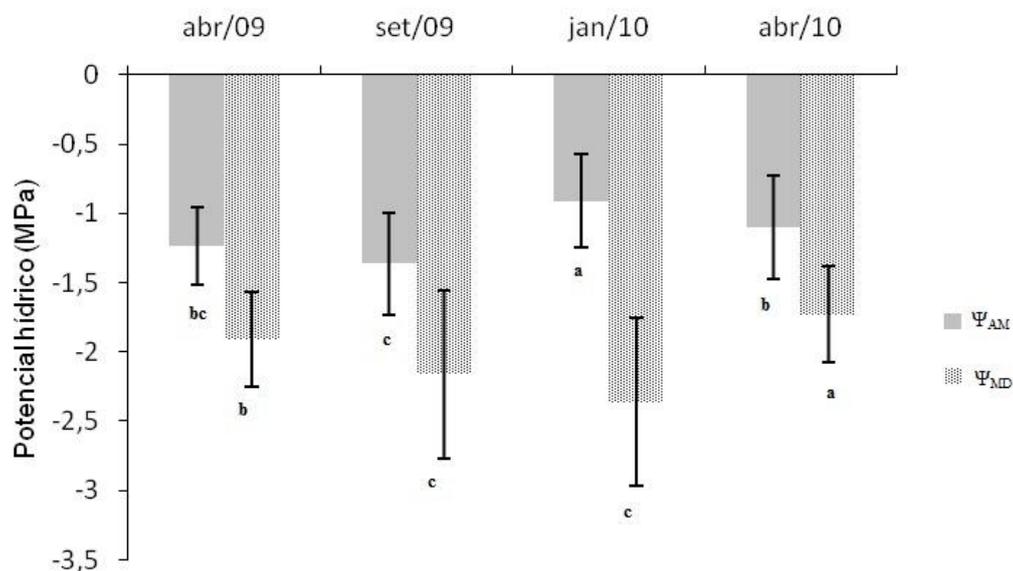


Figura 7. Médias e desvio padrão do potencial hídrico de 26 espécies de cerrado em quatro períodos. Ψ_{AM} = potencial hídrico ao amanhecer; Ψ_{MD} = potencial hídrico ao meio-dia. Letras iguais entre as medidas dos mesmos horários não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os meses.

De uma forma geral, a análise de componentes principais mostrou que as espécies dos diferentes grupos fenológicos se distribuíram nos quatro quadrantes tanto nas medidas do amanhecer como do meio dia (Figura 8). No entanto, é possível perceber o agrupamento de algumas espécies em relação às medidas Ψ_{AM} entre perenifólias e perenifólias episódicas no segundo e quarto quadrantes, e de espécies decíduas e semidecíduas no terceiro quadrante. Nas medidas Ψ_{MD} houve agrupamento de espécie perenifólias e perenifólias episódicas no primeiro e segundo quadrantes (Figura 8).

As espécies *R. montana* (perenifólia) e *Myrsine guianensis* (Aubl.) DC. (perenifólia episódica) merecem destaque, uma vez que se distanciaram das demais tanto nas medidas Ψ_{AM} quanto Ψ_{MD} , o mesmo ocorrendo na espécie perenifólia *Eugenia sp.* apenas nas medidas realizadas ao meio-dia. Já *R. montana*, comparada as outras espécies, teve o Ψ_{AM} mais alto em abril (2009), período em foi registrado um pequeno percentual de brotamento e queda foliar mínima. E os menores valores de Ψ_{MD} foram apresentados em janeiro e abril (2010) (Tabela 3).

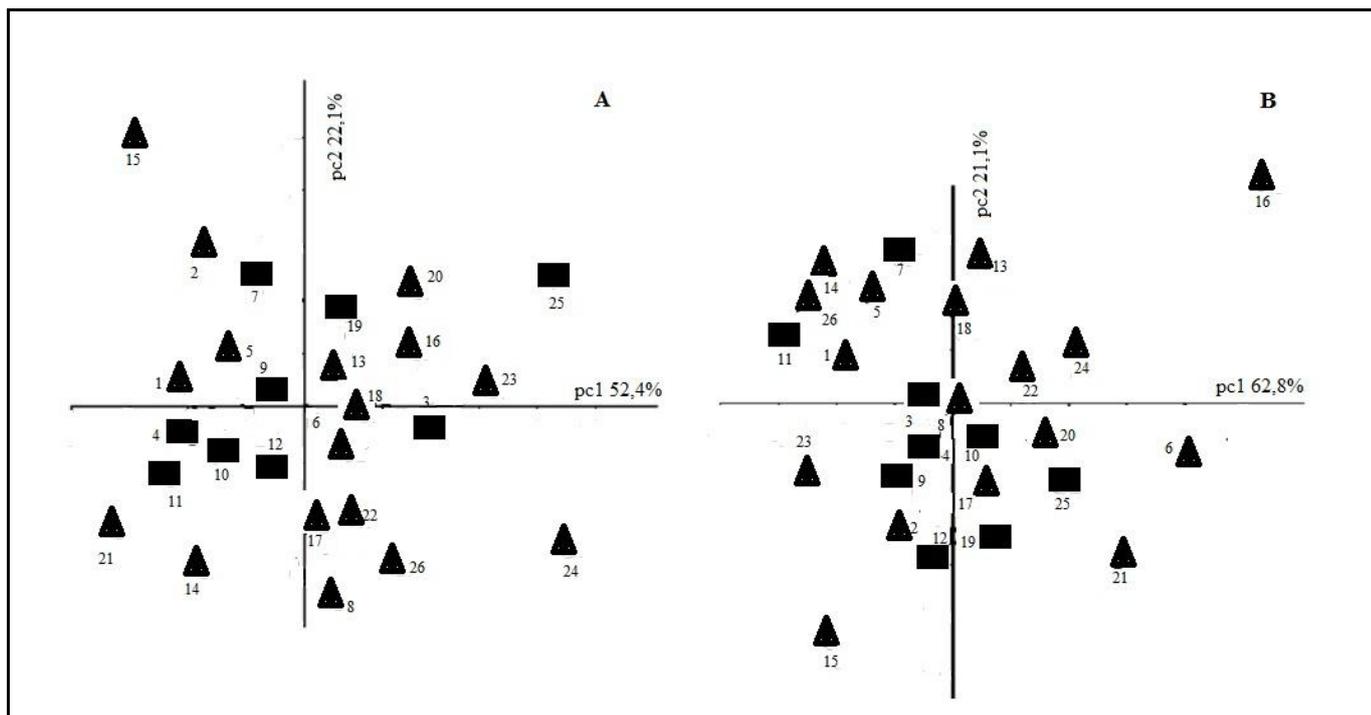


Figura 8. Ordenação de análise de componentes principais baseada no potencial hídrico de 26 espécies. Os eixos 1 e 2 correspondem, juntos, a mais de 70% da variação dos dados. A - potencial hídrico ao amanhecer; B - potencial hídrico ao meio-dia. ▲ = espécies perenifólias e perenifólias episódicas; ■ = espécies decíduas e semidecíduas; 1= *Ilex velutina*; 2= *Dydimopanax vinosum*; 3= *Aspilia foliosa*; 4= *Croton velutinus*; 5 = *Sapium glandulatum*; 6= *Casearia sylvestris*; 7= *Vantanea obovata*; 8= *Vismia guianensis*; 9= *Ocotea percoriacea*; 10 = *Ocotea sp.*; 11= *Aegiphila verticillata*; 12 = *Camptosema coriaceum*; 13= *Calliandra paterna*; 14= *Byrsonima verbacifolia*; 15= *Myrsine guianensis*; 16= *Eugenia sp.*; 17= *Psidium firmun*; 18 = *Myrcia rostrata*; 19= *Ouratea floribunda*; 20 = *Ouratea hexasperma*; 21= *Roupala Montana*; 22 = *Alibertia concolor*; 23= *Alibertia sp.*; 24 = *Zanthoxylum rhoifolium*; 25= *Lippia microphylla*; 26= *Vochysia tucanorum*.

DISCUSSÃO

A predominância de espécies perenifólias e perenifólias episódicas refletiu no padrão contínuo de produção de folhas observado na comunidade.

Espécies lenhosas de cerrado possuem mecanismos que facilitam sua sobrevivência e reprodução até mesmo durante o período seco, quando aumenta a restrição hídrica (Sarmiento 1984, Oliveira 1998). A existência de estruturas que conservam água, como xilopódios, ou um sistema radicular bem desenvolvido, que muitas vezes pode alcançar camadas mais profundas do solo onde há água disponível (Eiten 1972, Jackson *et al.* 1999, Oliveira *et al.* 2005), são responsáveis pela manutenção de folhas ao longo do ano (Eiten 1972, Sarmiento 1984), o que pode explicar o padrão contínuo de produção de folhas na comunidade.

Arelado a essas características, em áreas de cerrado em que há uma predominância do estrato herbáceo com sistemas radiculares superficiais, as camadas mais profundas do perfil do solo permanecem úmidas e disponíveis para os indivíduos arbustivo-arbóreos esparsos, mesmo durante a estação seca (Naves - Barbiero *et al.* 2000). Talvez isso explique o fato desta comunidade apresentar indivíduos em brotamento durante todo o período, uma vez que no geral estes estão distribuídos espaçadamente, e provavelmente não haja grande sobreposição das raízes e, conseqüentemente, a competição por recursos hídricos no subsolo pode não ser tão pronunciada quanto em uma área mais fechada (Naves - Barbiero *et al.* 2000).

Considerando a queda foliar, verificou-se uma discreta sazonalidade, com maior atividade na estação seca, o que pode ser observado quando se considera a porcentagem de espécies e de indivíduos nesta fenofase. Segundo Franco (1998), durante o período seco a demanda evaporativa atmosférica e a incidência de radiação solar no cerrado aumentam, afetando o controle estomático e transpiração das plantas lenhosas. Desta forma, uma estratégia para reduzir a perda d'água seria a abscisão foliar (Reich & Borchert 1984), fato ocorrido principalmente com as espécies semidecíduas e decíduas na área de estudo. A redução na transpiração, ocasionada pela abscisão das folhas, e a utilização de água residual podem permitir a reidratação e retomada do crescimento na estação seca, fato que assegura uma relativa independência da precipitação nesse período (Reich & Borchert 1984, Borchert 1994, Reich 1995).

Segundo Lenza & Klink (2006), a substituição da folhagem durante o período seco, independente do grupo fenológico ao qual pertençam, é predominante dentro do componente lenhoso do cerrado. Este fato também ocorreu nesta comunidade, uma vez que algumas espécies perenifólias e perenifólias episódicas também perderam folhas no último período de seca observado. A intensidade de queda foliar, ainda que discreta, foi mais acentuada em períodos de menor umidade relativa do ar.

Ainda que, perdendo suas folhas parcialmente durante a seca, as espécies perenifólias e perenifólias episódicas aparentaram maior resistência à seca, uma vez que nestas espécies houve brotamento constante, e por vezes mais intenso, quando comparadas às espécies decíduas e semidecíduas.

Vale registrar, contudo, que não houve correlação significativa entre queda foliar e a ausência de precipitação, sugerindo que esta variável ambiental possa ter menor interferência na queda foliar na área estudada do que nas demais formações de cerrado.

As médias do Ψ_{AM} para o conjunto das 26 espécies, nos quatro períodos, foram consideradas relativamente baixas quando comparadas a outros estudos com espécies lenhosas de cerrado. Prado *et al.* (2004) registraram na estação seca, -0,9 e - 2,67Mpa como os Ψ_{AM} e Ψ_{MD} mais baixos, respectivamente, enquanto que neste estudo, o Ψ_{AM} mais baixo na estação seca foi -2,15MPa e Ψ_{MD} foi -4,25Mpa. Embora os potenciais encontrados sejam mais baixos, o brotamento foliar ao longo do ano é indicativo que não houve restrição de água na comunidade que impedisse o desenvolvimento das espécies em questão. E, no geral, as plantas tiveram recuperação noturna de seu estado hídrico. O Ψ_{AM} pode refletir a disponibilidade de água no solo (Wright & Cornejo 1990), havendo uma tendência de equilíbrio entre o potencial hídrico da planta e do solo durante a noite (Schimidhalter 1997). Esta recuperação ocorreu principalmente em janeiro/2010, em que foram registradas as maiores $\Delta\Psi$, sugerindo que as espécies mantiveram os estômatos abertos possivelmente porque o DPV manteve-se menos elevado neste período.

Aparentemente as espécies dos diferentes grupos fenológicos não sofreram mudanças nos valores do Ψ_{MD} , frente a maior demanda evaporativa (DPV) registrada em setembro (época seca), pois seus potenciais já eram reduzidos, e assim permaneceram nesta época. Por outro lado, a análise estatística mostrou que a média destes valores foi significativamente diferente do período historicamente considerado

com pluviosidade intermediária, mas que no período de estudo foi o que apresentou os maiores índices pluviométricos (abril/2009-2010). Em um cerrado no estado de São Paulo, espécies do estrato arbustivo arbóreo apresentaram uma diminuição acentuada nos valores de potencial hídrico e condutância estomática durante a época seca (Perez & Moraes 1991), vindo a recuperar seu estado hídrico na estação chuvosa.

A análise estatística mostrou que houve um distanciamento de *Eugenia* sp. das demais espécies, provavelmente devido ao valor de seu potencial hídrico na estação mais seca, que foi o mais baixo da comunidade (-4,25 Mpa). Em *M. guianensis* a diferença desta para as demais espécies pode ter sido influenciada pelo potencial do mês de setembro/2009, que, embora mais seco, a espécie apresentou os valores mais altos do potencial hídrico, tanto ao amanhecer quanto ao meio dia. Neste período, a espécie encontrava-se em brotamento foliar, não apresentando nenhum índice de abscisão foliar, o que é indicativo que esta espécie possa ter algum tipo de adaptação para captação ou reserva de água característico de espécies de cerrado.

R. montana (perenifólia) também se distanciou das demais espécies quando analisados o Ψ_{AM} e Ψ_{MD} . Segundo Palhares *et al.* (2010) esta espécie se classifica como isoídrica, ou seja, é capaz de, diante da redução na oferta hídrica do solo, diminuir a condutância estomática a um nível capaz de, simultaneamente, evitar a completa dessecação foliar e manter a assimilação de carbono. Tal comportamento não foi observado na área de estudo, sugerindo que esta espécie segue o modelo proposto por Sarmiento (1985), em que árvores e arbustos nas savanas neotropicais não restringem a taxa de transpiração na estação seca, justificando os altos valores de $\Delta\Psi$ encontrados para a espécie.

No mês de abril 2009/2010, onde ocorreu a menor média da amplitude diária, as espécies *D. vinosum* e *A. foliosa*, perenifólia e decídua, respectivamente, não tiveram variação entre os valores de Ψ_{AM} e Ψ_{MD} , indicando que essas espécies têm um bom controle do fluxo transpiratório no decorrer do dia.

Os resultados deste estudo mostraram que, embora as espécies lenhosas do cerrado rupestre mantenham sempre baixos percentuais hídricos ao longo do ano, a menor disponibilidade hídrica imposta a estas plantas não impediu o estabelecimento de diferentes padrões fenológicos, inclusive com a predominância do padrão perenifólio que se refletiu na comunidade.

Tabela 3. Médias do potencial hídrico antes do amanhecer (Ψ_{AM}), potencial hídrico ao meio-dia (Ψ_{MD}) a amplitude de variação do potencial hídrico ($\Delta\Psi$) de 26 espécies lenhosas de uma área de cerrado, município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. □ = espécies perenifólias; ▣ = espécies perenifólias episódicas; ▤ = espécies semidecíduas; ▥ = espécies decíduas.

	abr/09			set/09			jan/10			abr/10		
	Ψ_{AM}	Ψ_{MD}	$\Delta\Psi$									
<i>Dydimopanax vinosum</i>	-1,30	-1,02	-0,28	-0,60	-2,13	1,53	-0,65	-2,55	1,90	-1,20	-1,20	0,00
<i>Calliandra paterna</i>	-1,60	-2,30	0,70	-1,30	-2,60	1,30	-0,90	-2,10	1,20	-1,20	-1,70	0,50
<i>Casearia sylvestris</i>	-1,05	-2,10	1,05	-1,40	-3,00	1,60	-1,05	-3,40	2,35	-1,10	-2,10	1,00
<i>Eugenia</i> sp.	-1,60	-2,20	0,60	-1,70	-4,25	2,55	-1,45	-3,05	1,60	-1,00	-2,30	1,30
<i>Roupala montana</i>	-0,70	-1,70	1,00	-1,15	-2,45	1,30	-0,28	-3,50	3,23	-0,80	-2,40	1,60
<i>Alibertia concolor</i>	-1,05	-2,08	1,03	-1,67	-2,50	0,83	-0,80	-2,60	1,80	-1,30	-1,80	0,50
<i>Alibertia</i> sp.	-1,40	-1,70	0,30	-1,30	-1,70	0,40	-1,40	-1,70	0,30	-1,30	-1,80	0,50
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	-1,40	-2,30	0,90	-2,15	-2,70	0,55	-1,05	-2,73	1,68	-2,00	-2,20	0,20
<i>Vochysia tucanorum</i>	-1,01	-2,10	1,09	-1,60	-1,80	0,20	-0,70	-1,55	0,85	-1,10	-1,40	0,30
<i>Ilex velutina</i>	-1,20	-2,05	0,85	-1,20	-1,70	0,50	-0,85	-1,55	0,70	-0,50	-1,30	0,80
<i>Sapium glandulatum</i>	-1,25	-1,72	0,47	-1,25	-2,10	0,85	-1,05	-1,65	0,60	-0,60	-1,60	1,00
<i>Vismia guianensis</i>	-0,95	-1,65	0,70	-1,62	-2,20	0,58	-0,60	-2,35	1,75	-1,20	-1,70	0,50
<i>Byrsonima verbacifolia</i>	-0,87	-2,00	1,13	-1,50	-1,85	0,35	-0,45	-1,40	0,95	-0,80	-1,60	0,80
<i>Myrsine guianensis</i>	-0,80	-1,35	0,55	-0,30	-1,00	0,70	-1,10	-2,55	1,45	-0,95	-1,50	0,55
<i>Psidium firmun</i>	-1,05	-1,60	0,55	-1,70	-1,85	0,15	-0,83	-2,50	1,68	-1,00	-2,10	1,10
<i>Myrcia rostrata</i>	-1,56	-2,30	0,74	-1,40	-2,25	0,85	-0,85	-2,10	1,25	-1,30	-1,90	0,60
<i>Ouratea hexasperma</i>	-1,25	-2,10	0,85	-1,52	-2,60	1,08	-1,70	-2,95	1,25	-1,20	-1,90	0,70
<i>Croton velutinus</i>	-1,00	-1,62	0,62	-1,15	-2,10	0,95	-0,75	-2,40	1,65	-0,90	-1,70	0,80
<i>Vantanea obovata</i>	-1,32	-1,95	0,63	-0,92	-2,25	1,33	-0,93	-1,65	0,73	-1,00	-1,80	0,80
<i>Ocotea percoriacea</i>	-0,95	-1,83	0,88	-1,35	-1,85	0,50	-1,15	-2,50	1,35	-0,70	-1,30	0,60
<i>Aegiphila verticillata</i>	-1,20	-1,50	0,30	-1,27	-1,80	0,53	-0,45	-1,35	0,90	-0,60	-1,50	0,90
<i>Ouratea floribunda</i>	-1,45	-2,00	0,55	-1,10	-1,90	0,80	-0,90	-2,75	1,85	-1,40	-1,60	0,20
<i>Aspilia foliosa</i>	-1,80	-1,80	0,00	-1,45	-2,10	0,65	-0,80	-2,25	1,45	-1,60	-1,60	0,00
<i>Camptosema coriaceum</i>	-1,10	-2,50	1,40	-1,30	-1,68	0,38	-0,85	-2,85	2,00	-1,00	-1,20	0,20
<i>Ocotea</i> sp.	-1,23	-1,95	0,73	-1,40	-1,90	0,50	-0,73	-2,40	1,68	-0,60	-2,10	1,50
<i>Lippia microphylla</i>	-1,70	-2,30	0,60	-1,55	-2,25	0,70	-1,50	-3,10	1,60	-1,90	-2,00	0,10
Médias	-1,22	-1,91	0,69	-1,35	-2,15	0,8	-0,91	-2,36	1,45	-1,09	-1,7	0,61

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

Borchert, R. & Rivera, G., 2001. Photoperiodic control of seasonal development and dormancy in tropical stem succulent trees. *Tree Physiol* 21: 213–221.

Borchert, R., 1994a. Water status and development of tropical trees during seasonal drought. *Trees* 8: 115–125.

Borchert, R. 1994. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology* 75: 1437-1449.

Borchert, R. 1980. Phenology and ecophysiology of tropical trees: *Erythrina poeppigiana*. *Ecology* 61: 1065-1074

Damascos, M. A.; Prado, C.H.B.A & Ronquim, C.C. 2005. Bud Composition, Branching Patterns and Leaf Phenology in Cerrado Woody Species. *Ann. Bot.* 96: 1075-1084.

Daubernmire, R. 1972. Phenology and other characteristics of tropical semideciduous forest in northwestern Costa Rica. *Journal of Ecology* 60: 147-170.

Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review* 38(2): 201-341.

Fournier, L. A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas em árboles. *Turrialba* 24: 422-423.

Franco, A. C. 1998. Seasonal patterns of gas exchange, water relations and growth of *Roupalla montana*, an evergreen savana species. *Plant Ecology*.136: 69-76.

Franco, A. C. 2004. Estratégias funcionais de plantas lenhosas das savanas do Brasil Central: relação ao déficit hídrico e ao regime luminoso. In: Cabrera, H. M. (ed.) *Fisiologia Ecológica en plantas, mecanismos y respuestas a estrés en los ecosistemas*. Valparaiso (Chile): EUV.

Franco, A. C.; Bustamante, M.; Caldas, L. S.; Goldstein, G.; Meinzer, F.C.; Kozovits, A. R.; Rundel, P. & Coradin, V. T. R., 2005. Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. *Trees* 19: 326–335.

Frankie, G.W.; Baker, H. & Opler, P. A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 62 (3): 881-919.

Funch, R.; Harley, R.; Funch, L. S. 2009. Mapping and evaluation of the state of conservation of the vegetation in and surrounding the Chapada Diamantina National Park, NE Brazil. *Biota Neotropica* 9: 1-10.

Grillo, A. A. S. 2008. Cerrado: áreas do Cercado e do Morro do Camelo. In: Funch, L.S.; Funch, R. R. & Queiroz, L, P. Serra do Sincorá – Parque Nacional da Chapada Diamantina. Feira de Santana: Editora Radami 79-101.

Jackson, P.C.; Meinzer, F.C.; Bustamante, M.; Goldstein, G.; Franco A.C.; Rundel, P. W.; Caldas, L.; Iglar & E.; Causin, F. 1999. Partitioning of soil water among tree species in a Brazilian Cerrado ecosystem. *Tree Physiology* 19: 717-724.

Köppen, W. 1948. *Climatologia con un studio de los climas de la tierra* (Transl. P.R.H. Peres), Fondo de Cultura e Econômica, México.

Lammi, J. 2005. Online photoperiod calculator. Disponível em: <<http://www.etti.fi/~jlammi/sun.html>>. Acesso em: 05/01/2011.

Lenza, E. & Klink, C. A. 2006. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 29(4): 627-638.

Loubry, D., 1994. La phenologie des arbres caducifoliés en forêt guyanaise (5o de latitude nord): illustration d'un déterminisme à composantes endogène et exogène. *Can. J. Bot.* 72: 1843–1857.

Miranda, L. P.; Angela Pierre Vitória, Funch, L. S. 2011. Leaf phenology and water potential off live arboreal species in gallery and montane forests in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. *Environmental and Experimental Botany* 70: 143-150.

Naves-Barbiero, C. C.; Franco, A. C.; Bucci, S. J. & Goldstein, G. 2000. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 12(2):119-134

Oliveira, P. E. 1998. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies do cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, eds. *Cerrado, ambiente e flora*. Planaltina: Embrapa, 169–192.

Oliveira, R.S.; Bezerra, L.; Davidson, E.A.; Pinto, F.; Klink, C.A.; Nepstad, D.C. & Moreira, A. 2005. Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. *Functional Ecology* 19(4): 574-581.

Palhares, D.; Franco, A. C. & Zaidan, L. B. P. 2010. Respostas fotossintéticas de plantas de cerrado nas estações seca e chuvosa. *Revista Brasileira de Biociência* 8(2): 213-220.

Perez, S.C.J.G.A. & Moraes, J.A.P.V. 1991. Determinação do potencial hídrico, condutância estomática e potencial osmótico em espécies dos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo de um cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 3: 27-37.

Prado, C.H.B.A.P.; Wenhui, Z.; Rojas, M.H.C. & Souza, G. M. 2004. Seasonal leaf gas exchange and water potential in a woody cerrado species community. *Brazilian J. Plants Physiology* 16 (1):7-16

Reich, P. B. & Borchert, R. 1982. Phenology and ecophysiology of the tropical trees, *Tabebuia neochrysantha* (Bignoniaceae). *Ecology* 63: 294-299.

Reich, P. B. & Borchert, R., 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *J. Ecol.* 72: 61-74.

Reich, P. B. 1995. Phenology of tropical forest: patterns, causes, and consequences. *Canadian Journal of Botany* 73: 164–174.

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: 89-166.

Rossalto, D. R. 2008. Padrões anatômicos, fenológicos, fotossintéticos e de crescimento em espécies arbóreas do cerrado *sensu stricto* e de mata de galeria. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. 101 p.

Sarmiento, G. 1984. *The Ecology of Neotropical Savannas*. Cambridge, Harvard University Press, 235 p.

Sarmiento G, Goldstein G, Meinzer F. 1985. Adaptive strategies of woody species in Neotropical savannas. *Biological Review* 60: 315–355.

Schmidhalter, U. 1997. The gradient between pre-dawn rhizoplane and bulk soil matric potentials, and its relation to the pre-dawn root and leaf water potentials of four species. *Plant, Cell and Environment* 20: 953-960.

Wright, S. J. e Cornejo, F. H. 1990. Seasonal drought and leaf fall in a tropical forest. *Ecology* 71(3): 1165-1175.

Zar, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, New Jersey.

Capítulo 2

Fenologia reprodutiva, síndromes de polinização e dispersão de espécies lenhosas de uma área de cerrado rupestre, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil

RESUMO

(Fenologia reprodutiva, síndromes de polinização e dispersão de espécies lenhosas de uma área de cerrado rupestre, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil) Este estudo teve como objetivo investigar os padrões fenológicos reprodutivos de espécies lenhosas de uma área de cerrado rupestre, para avaliar a influência de fatores ambientais, bem como das síndromes de polinização e dispersão sobre as estratégias das mesmas. Para tanto, três parcelas de 20x50m foram delimitadas em uma área de cerrado rupestre, situada no entorno do Parque Nacional da Chapada Diamantina, no Município de Palmeiras, Bahia (12° 27' 30,9" S e 41° 27' 28.3" W). Para o acompanhamento fenológico, foram amostrados 190 indivíduos pertencentes a 31 espécies distribuídas em 21 famílias. As observações foram realizadas em 42 meses distribuídos em dois períodos: 2005/2007 e 2009/2010. Os resultados obtidos mostram um padrão contínuo de produção de flores e frutos na comunidade, enquanto que a maioria das populações apresentou padrão anual e intermediário. A melitofilia foi dominante entre as populações, e a floração das espécies que apresentaram esta síndrome se distribuiu longo do ano. A zoocoria foi a síndrome de dispersão mais frequente, e as espécies zoocóricas disponibilizaram recursos durante todo o período de estudo. Concluiu-se que a floração e frutificação contínuas são de suma importância para a manutenção da fauna de polinizadores e dispersores e, conseqüentemente, para o sucesso reprodutivo da comunidade vegetal.

Palavras-chave: cerrado rupestre, fenologia de comunidade, melitofilia, zoocoria.

ABSTRACT

(Reproductive phenology, pollination syndromes and dispersal of woody species in a cerrado rupestre area, surrounding the Chapada Diamantina National Park, Bahia, Brazil) This study aimed to investigate the reproductive phenology of woody species in a cerrado rupestre, assessing the influence of environmental factors, as well as pollination syndromes and dispersal on the strategies of them. Three plots of 20 x 50m were outlined in a cerrado rupestre, located in the vicinity of the National Park Chapada Diamantina, in the municipality of Palmeiras, Bahia (12° 27' 30,9" S e 41° 27' 28.3" W). For phenological monitoring, we sampled 190 individuals belonging to 31 species distributed in 21 families. The observations were made in 42 months divided into two periods: 2005/ 2007 and 2009/ 2010. The results show a continued pattern of flower production and fruit for the community, while the majority of the population has an annual pattern and intermediate. The melittophily was dominant among populations, and the flowering of species showing this syndrome was distributed throughout the year. The zoochory of dispersal was more common with the species of this syndrome by providing resources throughout the study period for frugivores. It was concluded that continuous flowering and fruiting is of paramount importance for the maintenance of the fauna of pollinators and dispersers and consequently reproductive success of plant communities.

Keywords: cerrado rupestre, phenology of community, melittophily, zoochory

INTRODUÇÃO

Estudos fenológicos são muito importantes para a compreensão da dinâmica das comunidades vegetais, contribuindo para o entendimento dos processos de regeneração e reprodução das espécies, da organização temporal dos recursos dentro das comunidades, das interações e da coevolução entre plantas e animais (Talora & Morellato 2000; Tannus *et al.* 2006).

A fenologia pode ser considerada como o resultado de um processo ativo de seleção em que estratégias variadas de alocação de recursos para diversas fases do ciclo de vida de um vegetal propiciariam diferentes taxas de sucesso reprodutivo, e não um simples ajustamento das plantas às mudanças ambientais (Oliveira 1998).

Os fatores abióticos junto aos fatores bióticos estão entre aqueles que influenciam os ritmos fenológicos das plantas. Estudos com espécies tropicais têm sugerido que os padrões fenológicos em geral são influenciados pelo regime de chuvas, temperatura e irradiação (Frankie *et al.* 1976; Monasterio & Sarmiento 1976; Sarmiento 1983; Sarmiento & Monasterio 1983; Reich & Borchert 1984; Rathcke & Lacey 1985; Silva 1987; van Schaik *et al.* 1993; Seghieri *et al.* 1995), e, mais recentemente, o fotoperíodo tem sido apontado como um importante desencadeador das fenofases reprodutivas (Morellato *et al.* 2000; Borchert *et al.* 2005; Stevenson *et al.* 2008).

Os fatores bióticos, por sua vez, estão relacionados principalmente à polinização e dispersão de sementes e são considerados fatores seletivos importantes na determinação dos padrões de floração e frutificação (Gentry 1974), sendo portanto cruciais para a reprodução das plantas.

Dessa forma, qualquer modificação que provoque alterações no período de crescimento e no ciclo reprodutivo das plantas, além de alterar o comportamento da comunidade vegetal, afeta também o crescimento e reprodução dos animais que dependem direta ou indiretamente dos recursos vegetais (Newstron *et al.* 1994).

A fenologia reprodutiva de espécies lenhosas de cerrado vem sendo alvo de investigações, especialmente para avaliar a influência dos fatores ambientais sobre a dinâmica da comunidade (Mantovani & Martins 1988; Miranda 1995; Batalha *et al.* 1997; Gouveia & Felfili 1998; Oliveira 1998; Batalha & Mantovani 2000; Oliveira & Gibbs 2000; Batalha & Martins 2004; Lenza & Klink 2006, Tannus *et al.* 2006; Figueiredo 2008; Pirani *et al.* 2009).

Esses estudos, no geral, associam os dados fenológicos somente com as síndromes de dispersão dos diásporos, sem investigar as síndromes de polinização.

Na região da Chapada Diamantina, até o momento, estudos de fenologia em nível de comunidade foram realizados apenas em áreas de florestas (Funch *et al.* 2002, Cerqueira 2009), campo rupestre (Conceição *et al.* 2007), e em vegetação de capitanga (Rocha 2004), e relacionaram as estratégias fenológicas aos fatores ambientais e às síndromes de polinização e dispersão. Este é o primeiro estudo relacionado à fenologia em nível de comunidade em uma área de cerrado para a região da Chapada Diamantina no Estado da Bahia, analisando a influência de fatores ambientais e síndromes de dispersão e polinização sobre as estratégias fenológicas reprodutivas da vegetação.

Logo, o presente estudo visa responder as seguintes questões: 1. Qual o padrão de floração e frutificação da comunidade e das populações estudadas? 2. Quais fatores ambientais se correlacionam às fenofases reprodutivas? 3. Quais as síndromes de polinização e dispersão predominantes entre as populações? De que maneira os recursos estão distribuídos ao longo do ano para polinizadores e dispersores?

METODOLOGIA

Área de estudo

O estudo foi realizado em uma área de cerrado, na Chapada Diamantina, Município de Palmeiras, Bahia, entre as coordenadas geográficas 12° 27' 30,9" S e 41° 27' 28.3" W. A área está situada no entorno do Parque Nacional da Chapada Diamantina, Zona de Proteção Rigorosa da APA Marimbús-Iraquara, a aproximadamente 800 m de altitude, sob clima mesotérmico, tropical semi-úmido, do tipo Cwb, de acordo com a classificação de Köppen (1948). A precipitação média anual fica em torno de 1000mm e a temperatura média por volta de 22° C (Grillo 2008). Os maiores índices pluviométricos concentram-se entre os meses de novembro a março (período chuvoso) e o período mais seco ocorre nos meses de julho a outubro (Figura 1).

As manchas de cerrado estão presentes em pequenas extensões de terra ao longo do Parque Nacional da Chapada Diamantina, ocorrendo geralmente sobre solos predominantemente arenosos. Baseado em caracteres pedológicos, florísticos e ecológicos,

esta área de cerrado estudada foi classificada como uma formação savânica do tipo Cerrado Rupestre, com cobertura arbórea entre 5 e 20%, sobre solos tipicamente superficiais como os afloramentos rochosos e solos litólicos. O Cerrado Rupestre ocorre nas vertentes dos morros (nas áreas mais inclinadas entre o topo e as baixadas) em sítios mais secos e pedregosos, sendo denominados regionalmente de “cerrados de altitudes” ou “cerrados de encosta” (Grillo 2008).

Fenologia reprodutiva

Para as observações, foram delimitadas três parcelas de 20 x 50 metros, paralelas e distantes 20 metros entre si, totalizando uma área de 3000m².

Para o acompanhamento fenológico, foram amostrados 190 indivíduos pertencentes a 31 espécies distribuídas em 21 famílias e observados em dois períodos: durante os meses de outubro de 2005 a setembro de 2007 e de março de 2009 a agosto de 2010, totalizando 42 meses de observação das fenofases reprodutivas (botão floral, flor em antese, fruto imaturo e fruto maduro). Porém, em cada período, foram acompanhadas apenas 30 espécies. Todos os indivíduos da espécie *Chamaecrista* sp. amostrados no primeiro período estavam mortos no início do segundo. Visando manter o número amostral de espécies nos dois períodos de estudo (N=30), indivíduos da espécie *Clidemia hirta* (L.) D. Don foram incluídos. Desta forma, *Chamaecrista* sp. foi observada apenas no primeiro período de acompanhamento fenológico (2005-07), enquanto *C. hirta* somente no segundo período (2009-10).

O número de indivíduos observados por espécie variou em função da densidade nas parcelas, uma vez que foram amostrados todos os indivíduos com DAS (diâmetro na altura do solo) ≥ 5 cm. Desta forma, três espécies (10%) foram monitoradas com onze a quatorze indivíduos, quatro (13,33%) com apenas um indivíduo, sete espécies (23,33%) com dois a quatro indivíduos, dezesseis (53,33%) com cinco a dez indivíduos.

Durante as observações foram registradas a presença ou ausência das fenofases nos indivíduos, permitindo inferir sobre o índice de atividade (porcentagem de indivíduos) na comunidade (sincronia interespecífica). Foi considerado evento fenológico não sincrônico: <20% de indivíduos na fenofase; pouco sincrônico ou sincronia baixa: 20-60% de indivíduos na fenofase e sincronia alta: >60% de indivíduos na fenofase (Benke & Morellato 2002).

A partir de abril de 2006 foi iniciado o estudo semi-quantitativo, utilizando-se a metodologia proposta por Fournier (1974), a qual avalia individualmente as fenofases, utilizando categorias de uma escala que varia de zero a quatro, com um intervalo de 25% entre as mesmas. Considerando a intensidade de cada fenofase, foi calculada a porcentagem de Fournier.

Os padrões fenológicos foram descritos segundo Newstrom *et al.* (1994) utilizando-se os critérios de frequência, duração e regularidade das fenofases. As unidades de dispersão das espécies foram caracterizadas e classificadas quanto à síndrome de dispersão proposta por van der Pijl (1982) e as síndromes de polinização com base nas características propostas por Faegri & van der Pijl (1980). Para auxiliar na caracterização dos diásporos também foram utilizadas as definições propostas por Barroso *et al.* (1999). As síndromes das espécies que não floresceram e/ou não frutificaram, foram inferidas de acordo com a literatura ou através de análise de material coletado em outra área.

Análise estatística

Para testar a normalidade da distribuição dos dados fenológicos, foi utilizado o teste de normalidade de Shapiro e Wilk. Uma vez que os dados não apresentaram distribuição normal, foi realizada a correlação entre os dados fenológicos e as variáveis ambientais (fotoperíodo, temperatura, umidade relativa do ar e pluviosidade) utilizando o coeficiente de correlação de Spearman (r_s) (Zar, 1996).

Os dados de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Estação Meteorológica 83242 localizada no Município de Lençóis, Bahia. Os dados de fotoperíodo foram obtidos através do *Photoperiod Calculator* (Lammi 2005) (Figs. 1 e 2).

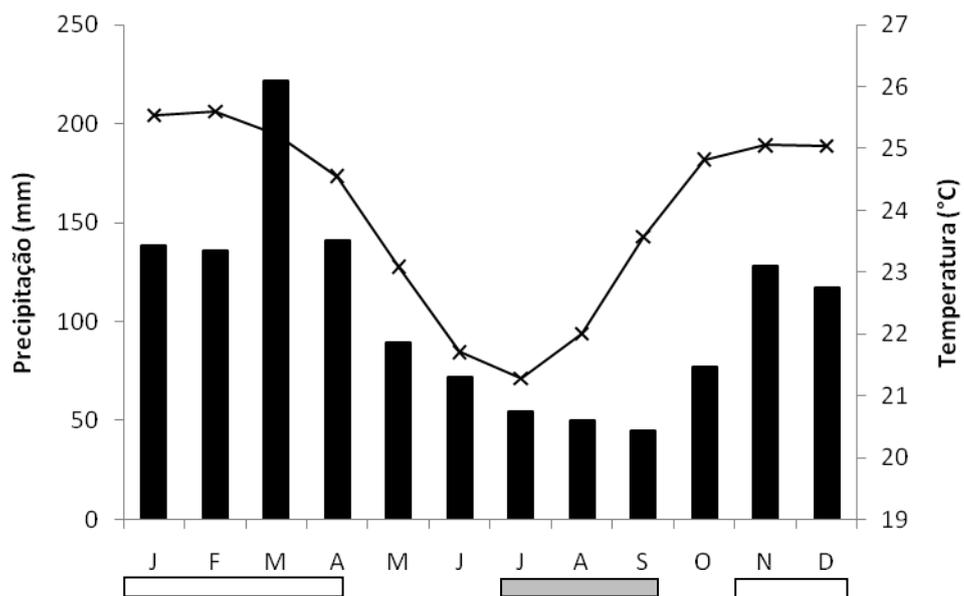


Figura 1. Médias dos dados históricos de precipitação e temperatura para o município de Lençóis, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil, para o período de 1997 a 2009. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, Lençóis □ = estação chuvosa; ■ = estação seca.

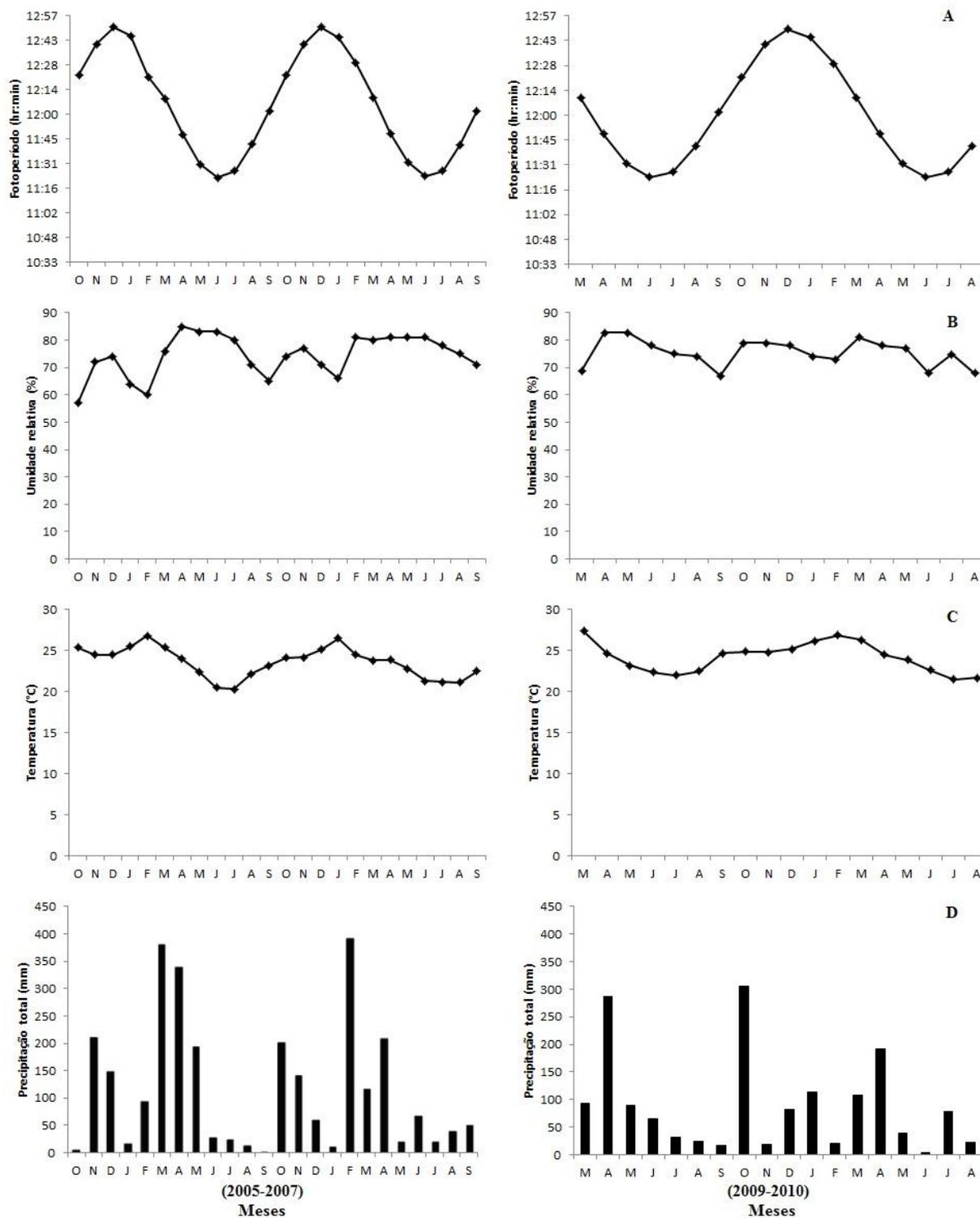


Figura 2. Médias mensais do foteriodo (A), umidade relativa do ar (B), temperatura (C) e precipitação total mensal (D) no Município de Lençóis, Chapada Diamantina – BA, Brasil, de 2005 a 2007 e de 2009 a 2010. Fonte: *Photoperiod calculator* Lammi, J; Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

RESULTADOS

Fenologia da floração

A floração do conjunto das 31 espécies ocorreu durante todo o período de estudo, exibindo um padrão contínuo e regular no que diz respeito à intensidade da mesma (Fig. 3C). No entanto, foi encontrada uma leve sazonalidade no índice de atividade de espécies e indivíduos.

Houve sazonalidade no índice de atividade de espécies em botão ao final da estação seca e início da estação úmida em todos os anos, ocorrendo apenas algum ajuste entre os anos em relação aos meses de concentração do evento (Fig. 3A). No índice de atividade de indivíduos verificou-se o mesmo comportamento encontrado para as espécies, ou seja, um aumento na atividade durante a transição da estação seca para a estação chuvosa. Entretanto menos da metade dos indivíduos emitiu botões florais no período, exibindo desta forma, uma baixa sincronia (Fig. 3B).

O maior número de espécies e indivíduos com flores em antese ocorreu na estação chuvosa, de outubro a março, variando entre os anos (Fig. 3A e B). Já a intensidade da fenofase de flores em antese se manteve praticamente constante (Fig. 3C), com uma intensidade discretamente superior do fim da estação seca para início da estação chuvosa (outubro a dezembro), bem como na transição da estação chuvosa para a seca (abril e maio).

A floração (botão e flor em antese) mostrou correlação positiva e significativa com a temperatura e fotoperíodo (Tab. 2) quando se considerou tanto o número de espécies, como número de indivíduos e a intensidade de Fournier. Quando foi analisada apenas a fenofase de flores em antese, houve correlação somente com a precipitação (Tab. 2).

O padrão fenológico de floração mais frequente entre as populações foi do tipo anual, observado em 19 espécies, seguido do padrão contínuo (8 espécies) e subanual (3 espécies). Apenas *Myrsine guianensis* (Aubl.) DC. não floriu em todos os anos de observação o que é indicativo que a espécie tenha padrão supra-anual de floração (Tab. 1).

A floração contínua ocorreu em *Dydimopanax vinosum* (Cham. & Schltdl.) Seem., *Aspilia foliosa* (Gardner) Baker, *Croton velutinus* Bail l., *Casearia sylvestris* Swartz., *Vantanea obovata* (Nees & Mart.) Benth., *C. hirta*, *Lippia microphylla* Cham. e *Camptosema*

coriaceum (Nees & Mart.) Benth.. Apesar de contínua, houve interrupções esporádicas na floração da maioria das espécies (Tab. 1).

As espécies que apresentaram padrão de floração subanual, com mais de um ciclo por ano foram *Ocotea percoriacea* Kosterm., *Psidium firmun* O. Berg e *Ouratea hexasperma* (A. St.-Hil.) Bail, com picos de floração na transição da estação seca para a úmida (Tab. 1).

Fenologia da frutificação

A intensidade de produção de frutos na comunidade ocorreu de forma contínua durante todo o estudo, com um aumento discreto na transição da estação chuvosa para a seca (Fig. 4C). O maior número de espécies com frutos imaturos ocorreu no início da estação chuvosa e se estendeu até o outono, com algumas variações interanuais no que diz respeito aos meses, porém, dentro do mesmo período (Fig. 4A). Já o maior número de indivíduos com frutos imaturos concentrou-se apenas dentro da estação chuvosa (de dezembro a março), com maior índice em janeiro de 2010 (Fig. 4B).

O período de amadurecimento dos frutos foi concentrado na estação chuvosa até a estação seca e tal padrão foi coincidente com o índice de atividade de espécies e de indivíduos (Fig. 4A e 4B).

A fenofase de frutos imaturos mostrou correlação significativa positiva com a precipitação, temperatura e fotoperíodo, quando considerado o número de espécies e o número de indivíduos na fenofase. Em relação à intensidade de frutos imaturos, foi encontrada correlação positiva significativa com a temperatura e o fotoperíodo. Já a fenofase de frutos maduros apresentou correlação significativa positiva apenas com a umidade relativa, apenas quando se considerou o número de espécies e indivíduos (Tab. 2).

O padrão de frutificação mais frequente entre as populações foi do tipo anual, com quinze espécies (50%), seguido do padrão contínuo (26,66%) e subanual (20%). Duas espécies não frutificaram no período de estudo: *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax e *M. guianensis* (Tab. 1). Esta última não frutificou nesta área, porém, em uma área de transição de cerrado - campo rupestre a aproximadamente 1Km, foram observados indivíduos em frutificação em março de 2009.

A frutificação contínua ocorreu nas espécies *A. foliosa*, *C. velutinus*, *Calliandra paterna* Barneby, *C. sylvestris*, *Eriope hypenioides* Mart. ex Benth., *C. hirta*, *Tibouchina blanchetiana*

Cogn.e *L. microphylla*. E apresentaram padrão subanual as espécies *O. hexasperma*, *P. firmun*, *O. percoriacea*, *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy, *V. obovata* e *Chamaecrista sp.*(Tab 1).

Fenologia e síndromes de polinização e dispersão

A maioria das espécies estudadas apresentou características florais relacionadas à síndrome da melitofilia (25), seguida da falenofilia (3), ornitofilia (2) e miofilia (1) (Tabela 1). Entre as espécies que apresentaram floração contínua, a melitofilia foi a síndrome predominante (87,5%), com exceção de *C. coriaceum*; esta síndrome ocorreu também em quinze espécies com floração contínua (78,9%), e em todas as espécies com floração subanual (Tab. 1).

Entre as espécies com padrão de floração anual, considerando o critério de duração, treze (68,42%) apresentaram floração intermediária, sendo sete regulares e seis irregulares; cinco (26,3%) apresentaram floração longa, sendo duas regulares e três irregulares, e apenas uma (5,26%) apresentou floração anual, curta e irregular (*Sapium glandulatum*) (Tab. 1). Destas, uma apresentou pico de floração na primavera (melitófila), sete na primavera-verão (melitófilas e falenófilas), quatro no verão (melitófilas), duas no verão-outono (melitófila e falenófila), três no inverno (ornitófila, melitófila e falenófila) e duas do final da primavera até início de outono (ambas melitófilas).

A maior proporção de recursos oferecidos pelas espécies melitófilas foi na transição da estação chuvosa até a estação seca (Fig. 5), enquanto as espécies falenófilas apresentavam-se com flores em antese com maior intensidade na estação seca. Já a ornitofilia e miofilia apresentaram um padrão com uma disponibilidade contínua durante o ano, porém, as espécies ornitófilas ainda apresentaram um período de atividade levemente mais alta em alguns meses, apenas no primeiro período de observação (2005- 2007) (Fig. 5).

Quanto às síndromes de dispersão, a maioria das espécies apresentou características de seus diásporos associadas à zoocoria (19), seguida da autocoria (7) e anemocoria (5) (Tab. 1). A zoocoria ocorreu na maioria das espécies com frutificação anual (73,3%) e subanual (80%) e em apenas em 25% das que têm o padrão de frutificação contínua.

Dentre as espécies anuais, uma (6,66%) tem frutificação longa e regular, seis (40%) apresentaram frutificação longa e irregular; uma (6,6%) com duração intermediária (de um a

cinco meses) e regular, enquanto que as outras sete (46,66%) apresentaram duração intermediária, porém irregular entre os anos. Destas, duas apresentaram maior intensidade de frutos em maturação na primavera (autocórica e zoocórica), três na primavera-verão (todas zoocóricas), seis no verão (zoocóricas), duas no outono (anemocóricas) e duas na transição outono-inverno (uma anemocórica e uma zoocórica).

Entre as espécies com frutificação contínua, prevaleceram aquelas com síndrome de dispersão anemocórica juntamente às autocóricas, enquanto que apenas duas eram zoocóricas. Apesar de ter sido observada a produção de frutos ao longo de todo o período, houve uma maior intensidade de frutos maduros na transição outono-inverno (sendo duas anemocóricas, duas zoocóricas e uma autocórica); duas espécies autocóricas apresentaram este pico predominantemente no outono e uma na transição do verão para o outono.

Entre as espécies com frutificação subanual, a maioria é zoocórica com apenas uma espécie autocórica, que por sua vez apresentou uma maior intensidade de maturação de seus diásporos na primavera, enquanto as zoocóricas apresentaram este pico no verão (três) e na transição verão-outono (duas).

Houve registro de frutos das diferentes síndromes de dispersão distribuídos durante todo o período. As espécies zoocóricas apresentaram uma maior atividade de maturação de frutos nos meses de fevereiro a setembro de 2007 e entre julho e agosto de 2010. Já as espécies autocóricas e anemocóricas apresentaram este pico no final na estação seca, com apenas uma exceção: houve um pico de maturação de frutos anemocóricos evidente em janeiro de 2007 (Fig. 5), período este, em que o índice de precipitação foi bastante reduzido (Fig. 2).

Quando analisada a intensidade da produção de flores em antese e frutos maduros em relação às síndromes dos dois períodos (2005 a 2007 e 2009 a 2010) sem separação, somente a floração das espécies melitófilas apresentou correlação significativa positiva com precipitação ($r_s = 0,41$, $p < 0,05$), temperatura ($r_s = 0,64$, $p < 0,05$) e fotoperíodo ($r_s = 0,54$), e a maturação de frutos autocóricos apresentou correlação significativa positiva com a temperatura ($r_s = 0,5$, $p < 0,05$). As demais síndromes, tanto de polinização quanto de dispersão não exibiram correlação com nenhum fator ambiental.

Quando analisados os dois períodos de observação separadamente, para 2005-7, além das correlações anteriormente apresentadas, também foi encontrada uma correlação significativa positiva entre a intensidade de frutos zoocóricos e umidade relativa do ar ($r_s = 0,66$, $p < 0,05$). Além das correlações já citadas, para 2009-10 foi encontrada correlação

significativa positiva entre a intensidade de frutificação de espécies anemocóricas e temperatura ($r_s = 0,48$, $p < 0,05$) e correlação significativa negativa entre floração de espécies falenófilas e temperatura ($r_s = -0,56$, $p < 0,05$).

No primeiro período também foi encontrada correlação significativa positiva entre o número de indivíduos zoocóricos com frutos maduros e a umidade relativa do ar ($r_s = 0,69$, $p < 0,05$). O número de indivíduos em floração de espécies melitófilas apresentou correlações com as mesmas variáveis anteriormente citadas.

No segundo período, o número de indivíduos com frutos anemocóricos apresentou novamente correlação positiva significativa com a temperatura ($r_s = 0,54$, $p < 0,05$), e as flores melitófilas com temperatura ($r_s = 0,60$, $p < 0,05$) e com o fotoperíodo ($r_s = 0,56$, $p < 0,05$). Já o número de flores falenófilas apresentou correlação significativa e negativa tanto com a temperatura ($r = -0,70$, $p < 0,05$) quanto com o fotoperíodo ($r_s = -0,51$, $p < 0,05$).

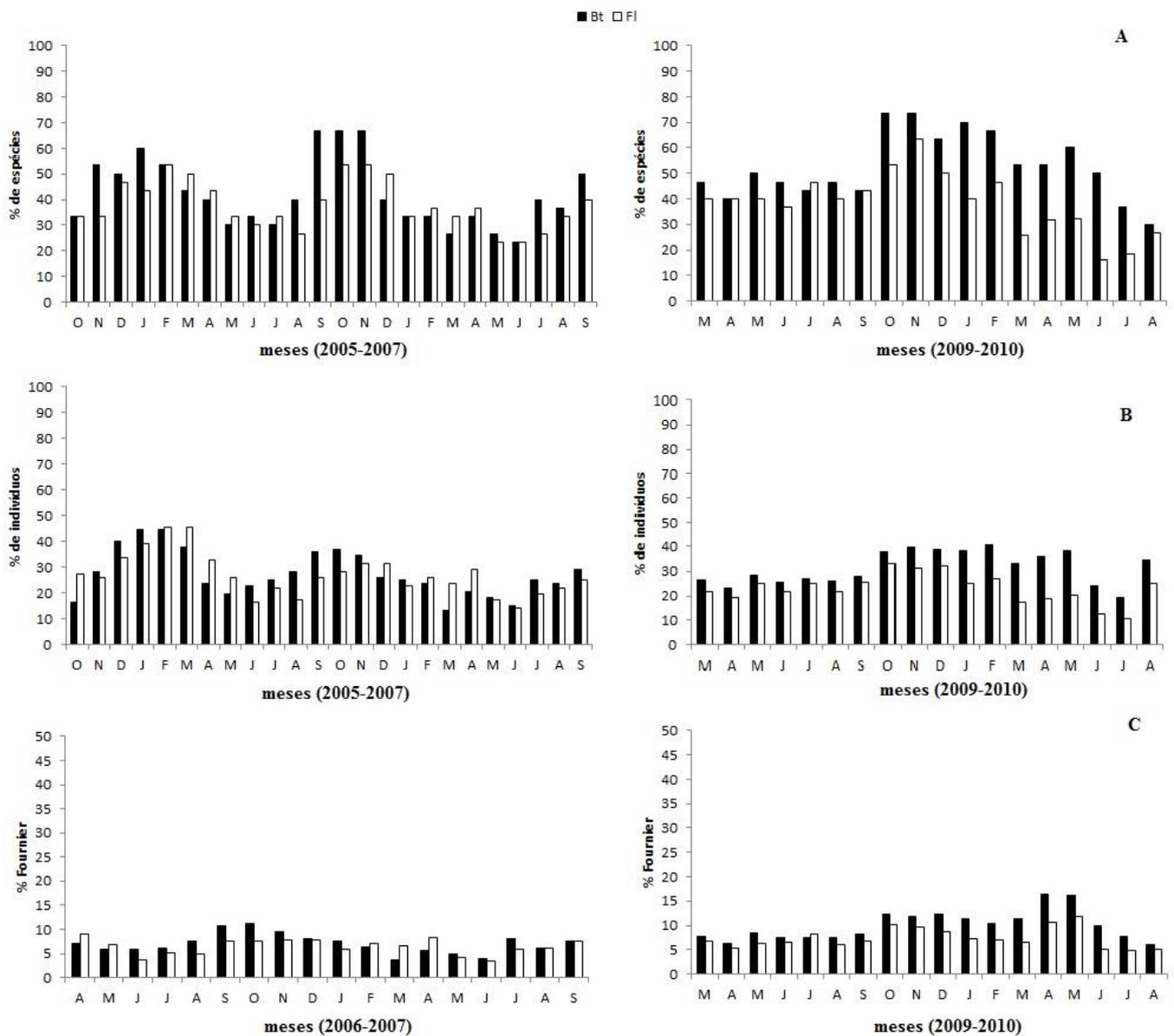


Figura 3. Fenologia da floração de 30 espécies lenhosas em uma área de cerrado rupestre, Palmeiras – BA. (A) Percentual de espécies; (B) percentual de indivíduos; (C) percentual de Fournier. Registros realizados nos período indicados nos gráficos.

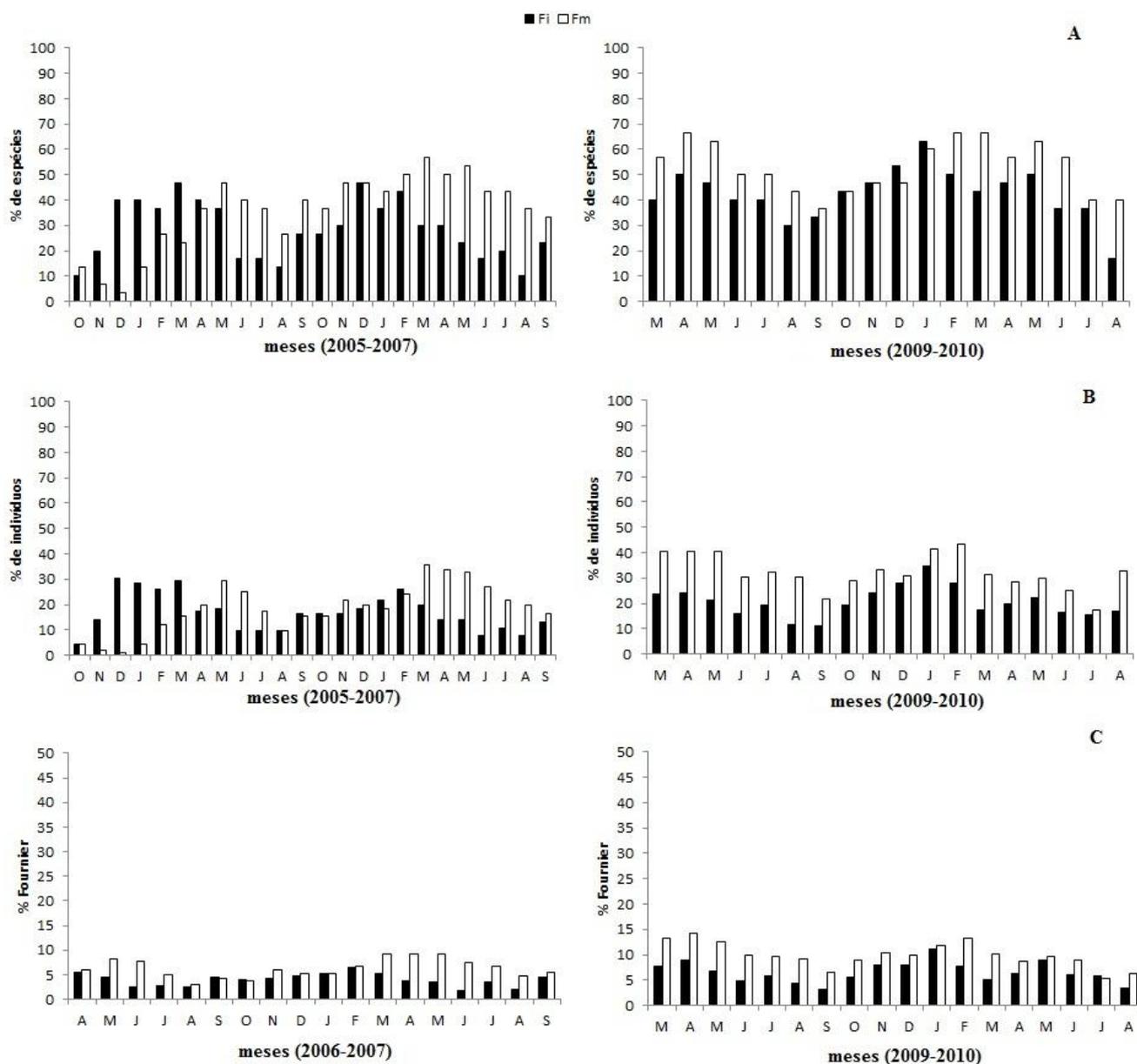


Figura 4. Fenologia da frutificação de 30 espécies lenhosas em uma área de cerrado rupestre, Palmeiras – BA. (A) Percentual de espécies; (B) percentual de indivíduos; (C) percentual de Fournier. Registros realizados nos período indicados nos gráficos.

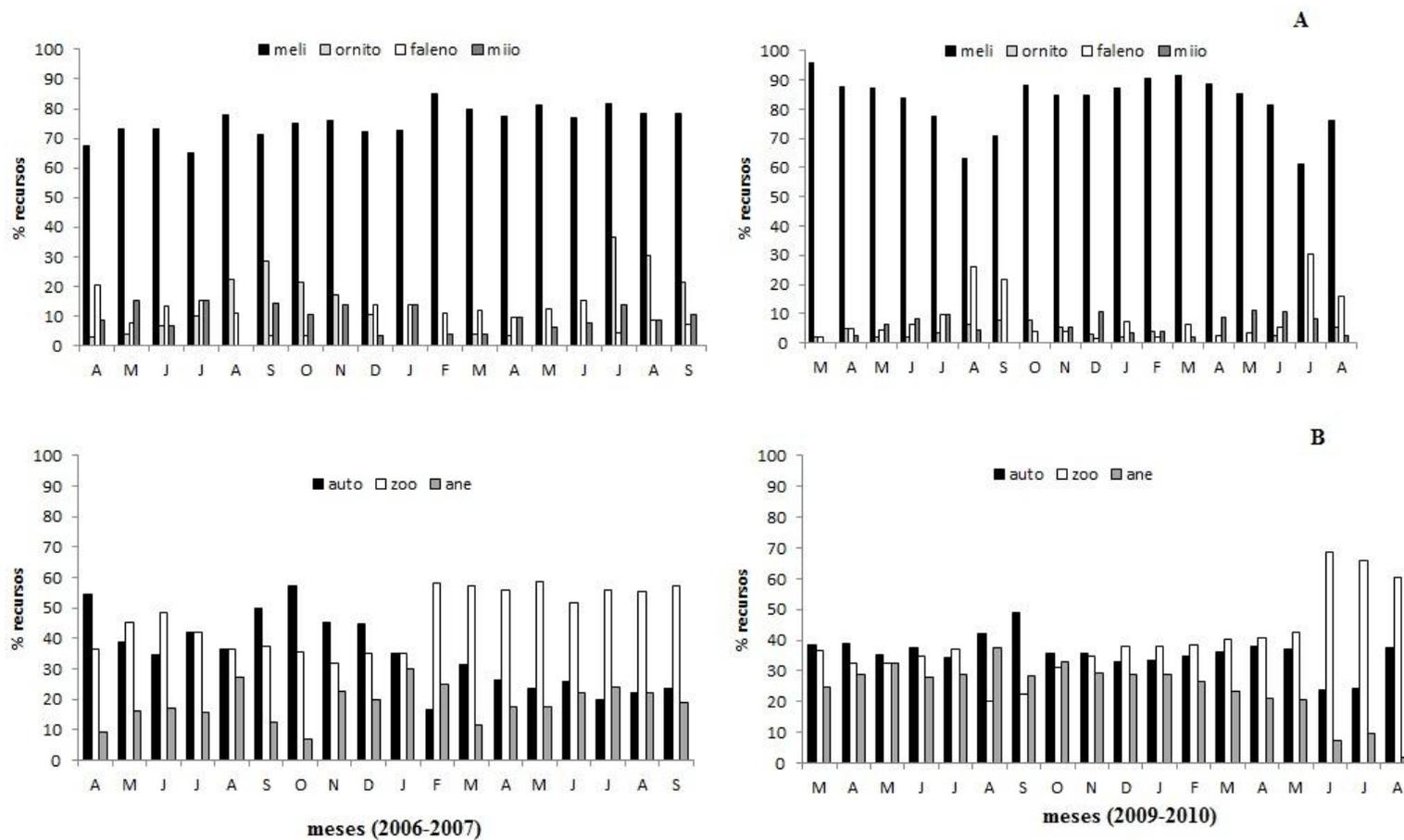


Figura 5. Proporção de recursos (flores e frutos maduros) por síndromes, baseado na proporção total alcançada por mês para o conjunto das 30 espécies, nos dois períodos de estudo (abril de 2006 a setembro de 2007 e março de 2009 a agosto de 2010) em uma área de cerrado rupestre, Palmeiras, BA. meli = melitófila; ornito = ornitófila; faleno = falenófila; miiio = miiófila; auto = autocórica; zoo = zoocórica; ane = anemocórica.

Família	Espécie / Ano -Mês	2005			2006												2007												2009												2010												P	SP	SD
		O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A												
OCHNACEAE	<i>Ouratea floribunda</i> (A.St. Hil.) Engl.																																							AI	M	Zo													
																																							AI																
OCHNACEAE	<i>Ouratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Bail																																						Sb I	M	Zo														
																																							Sb I																
PROTEACEAE	<i>Roupala montana</i> Aubl.																																						AI	F	Ane														
																																							AL																
RUBIACEAE	<i>Alibertia concolor</i> (Cham.) KSchum																																						AL	F	Zo														
																																							AL																
RUBIACEAE	<i>Alibertia sp.</i>																																						AL	F	Zo														
																																							AL																
RUTACEAE	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.																																						AI	M	Zo														
																																							AI																
VERBENACEAE	<i>Lippia microphylla</i> Cham.																																						CL	M	Aut														
																																							CL																
VOCHYSIACEAE	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.																																						AI	M	Ane														
																																							AI																

Tabela 2 – Resultado do teste de correlação de Spearman (r_s) significativa ($p < 0,05$) entre os fatores climáticos e a fenofases reprodutivas, para todo o período (2005 a 2007 e 2009 a 2010) sem separação, em uma área de Cerrado Rupestre no Município de Palmeiras, BA. Bt =botão; Fl = flor; Fi = fruto imaturo; Fm =fruto maduro.

Tratamento	Fenofases	Pluviosidade total (mm)	Temperatura (°C)	U. Relativa (%)	Fotoperíodo (horas)
% Fournier	Bt	-	0,54	-	0,42
	Fl	0,38	0,51	-	0,53
	Fi	-	0,63	-	0,38
	Fm	-	0,41	-	
% Espécies	Bt	-	0,48	-	0,46
	Fl	-	0,51	-	0,60
	Fi	0,34	0,59	-	0,36
	Fm	-	-	0,41	-
% Indivíduos	Bt	-	0,53	-	0,54
	Fl	0,32	0,56	-	0,69
	Fi	0,35	0,68	-	0,55
	Fm	-	-	0,51	-

(-) o teste não apresentou correlação significativa para $p < 0,05$

DISCUSSÃO

Na comunidade a floração foi contínua, com espécies florescendo ao longo do ano, porém, com um período marcado de maior floração ocorrendo na transição entre a estação seca e estação úmida, o que também foi verificado em outras comunidades lenhosas de cerrado (Mantovani & Martins 1988; Batalha *et al.* 1997; Oliveira 1998, Batalha & Mantovani 2000; Oliveira & Gibbs 2000; Weiser & Godoy 2001; Batalha & Martins 2004; Munhoz & Felfili 2005; Lenza & Klink 2006, Figueiredo 2008; Pirani *et al.* 2009).

Foi observado um maior número de espécies e indivíduos emitindo botões florais posteriormente ao período de maior abscisão foliar na comunidade (Moraes, no prelo). A emissão de botões florais parece ser influenciada pela queda de folhas, o que também foi observado tanto em comunidade arbórea de cerrado, na qual a maioria das espécies apresentavam floração mais acentuada após a abscisão foliar (Pirani *et al.* 2009), como em áreas de caatinga (Quirino 2006). A queda foliar possibilita a quebra de dormência dos meristemas reprodutivos, sugerindo que a floração seja induzida pela reidratação decorrente da redução da transpiração ocasionada pela queda foliar (Reich & Borchert 1984; Borchert 1994).

E ainda, a floração pode ser desencadeada pelo aumento do fotoperíodo, temperatura e umidade relativa do ar na transição da estação seca para a úmida (Morellato *et al.* 1989; Morellato 1991; Talora & Morellato 2000) e, nesse estudo, foi evidenciado pelas correlações significativas entre a floração e a temperatura e fotoperíodo. Taiz & Zeiger (2009) afirmam que os sinais de desenvolvimento que resultam na evocação floral incluem fatores endógenos, tais como ritmo circadiano, mudança de fase e hormônios, além de fatores externos, como o comprimento do dia (fotoperíodo) e a temperatura. Em resposta ao fotoperiodismo, a folha transmite um sinal que regula a transição para o florescimento. Segundo os mesmos autores, a radiação luminosa e a disponibilidade de água também podem ser importantes estímulos externos.

O padrão de floração anual encontrado para a maioria das populações estudadas também vem sendo reportado para espécies lenhosas de cerrado em outras localidades (Barros 1992, 1998, 2002; Proença & Gibbs 1994; Felfili *et al.* 1999; Lenza & Klink 2006; Figueiredo 2008; Pirani *et al.* 2009), constituindo uma tendência para as espécies tropicais (Newstrom *et al.* 1994).

Entre as espécies anuais, apenas *S. glandulatum* apresentou pico de floração na primavera (estação seca). Segundo Janzen (1967), as espécies que florescem na estação seca teriam algumas vantagens, como ausência de chuvas muito fortes, que poderiam danificar mecanicamente as flores e/ou diluir seu néctar; melhor visualização das flores pelos polinizadores em decorrência da queda de folhas mais acentuada nessa época e favorecimento da ação dos polinizadores num período de escassez de recursos.

Diferente deste estudo, Lenza & Klink (2006) encontraram padrão subanual de floração de *M. guianensis*, para a qual não se obteve registro de floração em alguns anos de observação, o que é um indicativo de que a espécie seja supra-anual. Contudo, não houve registro de frutificação em ambos os estudos realizados. Tais fatos sugerem a necessidade de outros estudos mais acurados em nível de população para esta espécie em diferentes áreas.

A melitofilia foi a síndrome de polinização dominante entre as populações, e houve uma distribuição da floração dessas espécies ao longo do ano, evidenciando uma alta sincronia. Em outros estudos na região tropical também foram encontrados maiores proporções de espécies melitófilas (Bawa *et al.* 1985b; Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1988; Ramírez *et al.* 1990; Oliveira & Gibbs 2000; Parra-Tabla & Bullock 2002; Quirino 2006).

As flores das espécies melitófilas, analisadas no presente estudo apresentaram morfologia e coloração diversificadas, sugerindo que há uma grande riqueza de abelhas visitantes e de comportamentos diferenciados em suas visitas em busca de recursos florais (néctar, óleo, pólen). Esta diversidade de características aliada ao padrão contínuo de floração sugere a redução da competição por polinizadores uma vez que os recursos são distribuídos em mais de um período no ano (Bullock & Solis-Magalhães 1990).

A floração das espécies falenófilas apresentou correlação significativa negativa com a temperatura e fotoperíodo, ou seja, ocorreu em maior proporção na estação seca e fria, em que os dias são mais curtos. Segundo Faegri & van der Pijl (1980), flores de espécies com esta síndrome possuem antese crepuscular, odor adocicado, pétalas de coloração branca e ausência de guias de nectarífero na corola. O fato da antese ser crepuscular, talvez justifique a floração mais intensa em dias mais curtos e noites mais longas.

A ornitofilia não foi expressiva em espécies avaliadas no presente estudo (n=2), entretanto, dentre as espécies com esta síndrome, *C. coriaceum* apresentou floração contínua, ou seja, disponibilizou recursos o ano todo, com o mesmo padrão encontrado por Machado *et*

al. (2007). Além disso, no levantamento fitossociológico para a área de estudo, a mesma foi encontrada entre as 10 espécies mais importantes para a comunidade, o que sugere a manutenção da guilda de polinizadores ao longo do tempo na área (Costa *et al.* 2009).

O padrão de frutificação encontrado para a comunidade também foi contínuo, com produção de frutos durante todo o ano, porém com um leve aumento no período chuvoso. Weiser & Godoy (2001) para um cerrado *stricto sensu* em São Paulo também encontraram padrão contínuo de frutificação com um máximo de espécies frutificando no período chuvoso (novembro e fevereiro), enquanto as espécies do presente estudo estenderam este pico de atividade até maio. Figueiredo (2008) estudando a fenologia de espécies arbóreas em uma área marginal de cerrado no Maranhão, além de ter observado um pico de frutificação na transição da estação seca para a úmida, também verificou um segundo pico, porém de menor intensidade em período coincidente com este estudo (maio e junho). É válido ressaltar que a precipitação nos meses de abril acompanhados, foi acima de 200 mm, desta forma, houve água disponível no solo até o mês subsequente, o que pode explicar a intensidade de frutificação estendida até esse período.

Maiores proporções de espécies zoocóricas também foram encontradas em outras comunidades lenhosas de cerrado (Mantovani & Martins 1988; Miranda 1995; Batalha *et al.* 1997; Oliveira 1998; Gouveia & Felfili 1998; Batalha & Mantovani 2000; Batalha & Mantovani 2000; Oliveira & Gibbs 2000; Weiser & Godoy 2001; Batalha & Martins 2004; Lenza & Klink 2006; Tannus *et al.* 2006; Figueiredo 2008; Pirani *et al.* 2009). As espécies com esta síndrome frutificaram o ano todo, refletindo no padrão de produção contínua da comunidade. Nas áreas de cerrado citadas, foi evidenciada a maturação de frutos zoocóricos predominantemente ao longo do período chuvoso enquanto no presente estudo foi observada maior proporção de fevereiro a setembro de 2007 e de junho a agosto de 2010. Tal padrão sugere que não houve restrição hídrica para a maturação dos frutos carnosos, uma vez que havia disponibilidade de água no solo proveniente das chuvas anteriores, e, além disso, sugere-se que estas plantas tenham estruturas de reserva hídrica, o que pode auxiliar na maturação de seus frutos, mesmo em épocas de seca.

Há uma importância muito grande das condições hídricas da planta e o consequente favorecimento da maturação de frutos carnosos, especialmente em regiões com sazonalidade climática, uma vez que no período úmido há uma maior disponibilidade de água, o que é uma

condição determinante para a multiplicação celular e conseqüente desenvolvimento dos frutos (Marco & Paéz 2002).

A frutificação das espécies zoocóricas na comunidade em estudo parece refletir as condições de disponibilidade hídrica no ambiente, uma vez que a maturação de seus frutos está associada a eventos de precipitação e, apesar de no período de 2009-10 iniciar o pico de frutificação no mês sem precipitação (junho de 2010), o mesmo ocorreu logo após a maior precipitação para a área de estudo (abril de 2010), o que pode ter contribuído para a maturação e manutenção da atividade até a seca. As espécies lenhosas de cerrado são capazes de manter a produção de frutos durante o período seco, pois, existe água disponível para as plantas mesmo na seca sazonal (Franco *et al.* 1998; Oliveira *et al.* 2005).

A produção contínua de frutos dispersos predominantemente por animais tem sido associada a uma estratégia para a manutenção de recursos aos dispersores de sementes, o que pode reduzir a competição por dispersores como vantagem para um padrão contínuo de frutificação (Snow 1965; Hilty 1980).

As espécies anemocóricas tiveram sua maturação mais acentuada em agosto de 2006, janeiro de 2007 e agosto de 2009, períodos em que a precipitação foi bastante reduzida e a temperatura mais elevada. Estudos relatam que a dispersão de diásporos anemocóricos é favorecida durante períodos mais secos em regiões com clima sazonal, uma vez que o aumento da temperatura pode auxiliar na abertura dos frutos e o aumento na velocidade dos ventos associada à redução da cobertura das folhas na vegetação, facilitam a dispersão dos diásporos (Mantovani & Martins 1988; Batalha & Mantovani 2000; Oliveira 2008). O que, em nosso estudo, foi confirmado pela correlação registrada entre os picos de maturação de frutos e períodos com temperaturas mais elevadas.

A maturação de frutos autocóricos apresentou um pico no final da estação seca e foi correlacionada positiva e significativamente com a temperatura. Esta correlação também foi encontrada por Dutra *et al.* (2009), estudando a fenologia, síndromes de polinização e dispersão de leguminosas em áreas de campo rupestre. No presente estudo, quase 50% das espécies autocóricas é representada por táxons desta família. As espécies autocóricas necessitam da desidratação do pericarpo para a liberação das sementes, e, além disso, a maturação e dispersão dos frutos na estação seca aumentam a probabilidade de germinação de sementes no próximo período chuvoso (Mantovani & Martins 1988; Felfili *et al.* 1999).

Os resultados deste estudo mostram um padrão contínuo de produção de flores e frutos para a comunidade, enquanto que a maioria das populações apresenta padrão anual e intermediário. Apesar dos eventos de floração e frutificação em algumas espécies serem marcadas em determinados períodos do ano, os fatores ambientais parecem não restringir a fenologia reprodutiva quando analisados estes padrões por síndromes de polinização e dispersão, uma vez que são observadas tanto flores em antese quanto frutos maduros das diversas síndromes ao longo de todo o período de estudo.

A floração e frutificação contínua evidenciam a importância da disponibilidade de recursos durante todo o ano na comunidade para a manutenção da fauna de polinizadores e dispersores, e conseqüentemente, para o maior sucesso reprodutivo das espécies vegetais em questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barros, M. A. G. 1992. Fenologia da floração, estratégias reprodutivas e polinização de espécies simpátricas do gênero *Byrsonima* Rich. (Malpighiaceae) Revista Brasileira de Biologia 52: 343-353.

Barros, M. A. G. 1998. Sistemas reprodutivos e polinização em espécies simpátricas de *Erythroxylum* (Erythroxylaceae) do Brasil. Revista Brasileira de Botânica 21: 159-166.

Barros, M. A. G. 2002. Floração sincrônica e sistemas reprodutivos em quatro espécies de *Kielmeyera* Mart. (Guttiferae). Acta Botânica Brasílica 16: 113-122.

Barroso, G. M.; Morim, M. P.; Peixoto, A. L. & Ichaso, C.L.F. 1999. Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa: UFV. 443p.

Batalha, M. A. & Mantovani, W. 2000. Reproductive phenological patterns of Cerrado plant species at the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. Revista Brasileira de Biologia 60(1): 129-145.

Batalha, M. A. & Martins, F. R. 2004. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park. Australian Journal of Botany 52(2): 149-161.

Batalha, M. A.; Aragaki, S. & Mantovani, W. 1997. Variações fenológicas das espécies do cerrado em Emas (Pirassununga, SP). Acta Botânica Basílica 11(1): 61-78.

Bawa, K. S.; Bulloch, S.H.; Perry, D. R.; Coville, R. E. & Grayum, M. H. 1985. Reproduction biology of tropical lowland rain forest tree. II. Pollination system. American Journal of Botany 72: 346-356.

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.

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.

Bullock, S. H. & Sollis-Magallanes, J. A. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical forest in Mexico. *Biotropica* 22: 22-35.

Conceição, A. A. 2003. Ecologia da vegetação em afloramentos rochosos na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Costa, G. M.; Funch, L. G.; Conceição, A. A. & Moraes, A. C. S. 2009a. Composição florística e estrutura de cerrado sensu restrito na Chapada Diamantina, Palmeiras, Bahia, Brasil. *Sitientibus* 9 (4): 245-254.

Dutra, V. F.; Vieira, M. F.; Garcia, F. C. P. & Lima, H. C. de. 2009. Fenologia reprodutiva, síndromes de polinização e dispersão em espécies de leguminosas dos campos rupestres do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, Brasil. 60 (2): 371-387.

Faegri, K. & van der PIJL. 1980. The principles of pollination ecology. 3rd revised edition. Pergamon Press, Oxford, England.

Felfili, J. M.; Silva-Júnior, 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 (1): 83-90.

Figueiredo, P. S. 2008. Fenologia e estratégias reprodutivas das espécies arbóreas em uma área marginal de cerrado, na transição para o semi-árido no nordeste do Maranhão. *Revista Tropica – Ciências Agrárias e Biológicas* 2 (2): 8-12.

Fournier, L. A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas em árboles. *Turrialba* 24: 422-423.

Franco, A.C. 1998. Seasonal patterns of gas exchange, water relations and growth of *Roupala montana*, an evergreen savanna species. *Plant Ecology* 136: 69-76.

Frankie, G. W.; Baker, H. G. & Opler, P.A. 1976. Foraging behaviour of solitary bees: implications for outcrossing of a neotropical forest trees species. *Journal of Ecology* 64 (3): 1049-1057.

Funch, L. S.; Funch, R & Barroso, G.M. 2002. Phenology of gallery and montane forest in the chapada Diamantina, Bahia, Brazil. *Biotropica* 34: 40-50.

Gentry, A. H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6:48-64.

Gouveia, G. P. & Felfili, J. M. 1998. Fenologia das comunidades de cerrado e mata de galeria no Brasil Central. *Revista Árvore* 22(4): 443-450.

Grillo, A. A. S. 2008. Cerrado: áreas do Cercado e do Morro do Camelo. In: Funch, L.S.; Funch, R. R. & Queiroz, L, P. Serra do Sincorá – Parque Nacional da Chapada Diamantina. Feira de Santana: Editora Radami 79-101.

Hilty, S. L. 1980. Flowering and fruiting periodicity in a premontane rain forest in Pacific Colombia. *Biotropica* 12 (4): 292-306.

Howe, H. F. & Westley, L. C. 1997. Ecology of pollination and seed dispersal. In: *Plant ecology* (M.J. Crawley, ed.). Blackwell Science, Oxford: 262-283.

Janzen D. H. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution* 21: 620-637.

Köppen, W. 1948. Climatologia con un studio de los climas de la tierra (Transl. P.R.H. Peres), Fondo de Cultura e Econômica, México.

Lammi, J. 2005. Online photoperiod calculator. Disponível em: <<http://www.etti.fi/~jjlammi/sun.html>>. Acesso em: 05/01/2011.

Lenza, E. & Klink, C. A. 2006. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 29 (4): 627-638.

Machado, C. G.; Coelho, A. G.; Santana, C. S. & Rodrigues, M. 2007. Beija-flores e seus recursos florais em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, Bahia *Revista Brasileira de Ornitologia* 15 (2): 267-279.

Mantovani, W. & Martins, F. R. 1988. Variações fenológicas das espécies do cerrado da Reserva Biológica de Moji Guaçu, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 11: 101-112.

Marco, D. E. & Paéz, S. A. 2002. Phenology and phylogeny of animal-dispersed plants in Dry Chaco forest (Argentina). *Journal of Arid Environments* 52:1-16.

Miranda, I. S. 1995. Fenologia do estrato arbóreo de uma comunidade de cerrado em Alter-do-Chão, PA. *Revista Brasileira de Botânica* 18(2): 235-240.

Monasterio, M. & Sarmiento, G. 1976. Phenological strategies of plant species in tropical savanna and the semi-deciduous forest of the Venezuelan Llanos. *Journal of Biogeography* 3: 325-356.

Morellato, P.C., Rodrigues, R.R., Leitão-Filho, H.F. & Joly, C.A. 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. 1991. Fenologia de árvores, arbustos e lianas em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. Tese de doutorado, Universidade de Campinas, Campinas.

Morellato, L. P. C.; Romera, E. C.; Talora, D.C. Takahashi, A.; Bencke, C. C. & Zipparro, V. B. 2000. Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a corparative study. *Biotropica* 32: 811-823.

Munhoz, C. B. R. & Felfili, J. M. 2005. Fenologia do estrato herbáceo-subarbusitivo de uma comunidade de campo sujo na Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 19(4): 979-088.

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(2): 141-159.

Oliveira, P. E. & Gibbs, P. E. 2000. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of the central Brazil. *Flora* 195: 311-329.

Oliveira, R.S.; Bezerra, L.; Davidson, E.A.; Pinto, F.; Klink, C. A.; Nepstad, D. C. & Moreira, A. 2005. Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. *Functional Ecology* 19: 574-581.

Oliveira, P.E. 1998. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de cerrado. In: Sano, S.M. & Almeida, S.P. 1998. Cerrado: ambiente e flora. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, GO: 169-192.

Pirani, F. R.; Sanches, M. & Pedroni, F. 2009. Fenologia de uma comunidade arbórea de cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 23(4): 1096-1109.

Proença, C.E.B. & Gibbs, P.E. 1994. Reproductive biology of eight sympatric Myrtaceae from Central Brazil. *New Phytologist* 126: 343-354.

Quirino, Z. G. M. 2006. Fenologia, síndromes de polinização e dispersão e recursos florais de uma comunidade de caatinga no cariri paraibano. Tese de doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. 128 p.

Ramírez, N.; Gil, C.; Hokche, O.; Seres, A. & Britto, Y. 1990. Biología floral de una comunidad arbustiva tropical en la Guayannna Venezollana. *Ann, Mo.Bot.Gard.* 77: 1260-271.

Rathcke, B. & Lacey, E.P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 179-214.

Reatto, A., Correia, J.R., Spera, S.T. & Martins, E.S. 2008. Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In *Cerrado: ecologia e flora* (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). EMBRAPA-CPAC, Planaltina: 107-150.

Reich, P. W. & Borchert, R. 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 72: 61-74.

Rocha, F.F. 2004. Fenologia de uma vegetação de Capitinga, Chapada Diamantina, Bahia. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.

Sarmiento, G. & Monastério, M. 1983. Life forms and phenology. In: Bourlière, F (ed.). *Ecosystems of the world: Tropical savannas*. Elsevier Science, Amsterdam: 79-108.

Sarmiento, G. 1983. The savannas of tropical America. In: F. Bourlière (org.). *Ecosystems of the world: tropical savannas*. Amsterdam, Elsevier: 245 – 288.

Seghier, J.; Floret, Ch. & Pontanier, R. 1995. Plant phenology in relation to water availability: herbaceous and woody species in the savannas of northern Cameroon. *Journal of Tropical Ecology* 11: 237-254.

Silberbauer-Gottsberger, I. & Gottsberger, G. 1988. A polinização de plantas do cerrado. *Revista Brasileira de Biologia* 48(4): 651-663.

Silva, J. F. 1987. Responses of savannas to stress and disturbance: species dynamics. In: Walker, B.H. (org.). *Determinants of tropical savannas*. Paris, IUBS: 141 – 156.

Snow, D.W., 1965. A possible selective factor in the evolution of fruiting seasons in tropical forest. *Oikos* 15: 274–281.

Stevenson, P.R.; Castellanos, M.C.; Cortés, A.I. & Link, A. 2008. Flowering patterns in a seasonal tropical lowland forest in western Amazonia. *Biotropica* 40: 559-567.

Taiz, L. & Zeiger, E. 2009. *Fisiologia vegetal*. 4 ed. Porto Alegre: Artmed. 848 p.

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.

Van der Pijl, L. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*. Springer-Verlag, New York, 215p.

Van Schaik, C. P; Terborgh, J. W. & Wrigth, S. J. 1993. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 353-377.

Weiser, V. L. & Godoy, S. A. P. 2001. Florística em um hectare de cerrado *stricto sensu* na ARIE - Cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. *Acta Bot Bras.* 15(2): 201-212.

Zar, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, New Jersey.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies apresentaram diferentes estratégias no comportamento associado às fenofases vegetativas: foram observadas desde perenifólias até espécies decíduas. Embora as espécies lenhosas do cerrado rupestre mantenham sempre baixo seu potencial hídrico ao longo do ano, a menor disponibilidade hídrica imposta a estas plantas não impediu o estabelecimento de diferentes padrões fenológicos, inclusive com a predominância do padrão perenifólio que se refletiu na comunidade.

O brotamento foliar se deu durante todo o período estudado, atribuídas principalmente às espécies perenifólias e perenifólias episódicas quanto à frequência e intensidade. No entanto, as espécies decíduas e semidecíduas também brotaram durante um longo período, porém, com menor intensidade. O brotamento foliar não foi diretamente influenciado por nenhum fator ambiental estudado.

A queda foliar foi mais pronunciada na estação seca e fria, quando a maioria das espécies decíduas e semidecíduas perderam suas folhas, no geral, com uma alta sincronia intraespecífica.

O padrão anual e intermediário de floração e frutificação observado na maioria das populações, porém com uma distribuição ao longo do ano quando se considera a comunidade, disponibiliza recursos durante todo o ano, o que é importante para a manutenção de polinizadores e dispersores, além de reduzir a competição. Aliado a isso, a diversidade de tipos florais associados à melitofilia, uma vez que esta é a síndrome predominante, pode também reduzir esta competição.

A emissão de botões florais parece ser influenciada pela queda foliar, além do aumento do fotoperíodo e da temperatura, na transição da estação seca para a úmida. A frutificação é influenciada primariamente pelo aumento de índices pluviométricos e da temperatura, porém, não se mostrou sensível à época seca, uma vez que houve manutenção de frutos durante todo o ano, principalmente pelas espécies zoocóricas.

RESUMO

No presente estudo foram investigados aspectos da fenologia vegetativa e reprodutiva de 31 espécies lenhosas de uma área de cerrado rupestre. Na análise da fenologia vegetativa foram observados os padrões de queda e brotamento foliar e sua relação com fatores ambientais e potencial hídrico das plantas. Na investigação da fenologia reprodutiva, foram acompanhados eventos de floração (botão e flor em antese) e frutificação (fruto imaturo e fruto maduro), avaliando sua relação com os fatores abióticos (fotoperíodo, temperatura, umidade relativa e precipitação) e bióticos (síndromes de polinização e dispersão). A fenologia vegetativa foi acompanhada sistematicamente entre março de 2009 e agosto de 2010, enquanto a reprodutiva foi observada em dois períodos: entre outubro de 2005 e setembro de 2007, e entre março de 2009 e agosto de 2010. O estudo foi realizado em uma área de cerrado rupestre, no município de Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil, entre as coordenadas 12° 27' 30,9" S e 41° 27' 28,3" W. Para o estudo fenológico foram delimitadas três parcelas de 20x50m e amostrados 190 indivíduos pertencentes a 31 espécies distribuídas em 21 famílias. A partir dos padrões de queda e brotamento, as espécies foram classificadas em perenifólias, perenifólias episódicas, semidecíduas e decíduas. E os eventos reprodutivos (floração e frutificação) foram classificados quanto a frequência, duração e regularidade do evento. Todas as fenofases foram correlacionadas com as variáveis ambientais. A partir da caracterização das flores e frutos, as espécies foram classificadas em relação às síndromes de polinização e dispersão e avaliadas quanto à época de disponibilidade de recursos na comunidade. A comunidade apresentou um padrão contínuo de produção de folhas, flores e frutos. A queda foliar foi mais acentuada no período seco, e o índice de atividade de espécies em floração e frutificação foi maior na transição da estação seca para a úmida. A floração parece ser influenciada pela queda foliar, além do aumento do fotoperíodo e temperatura na transição dessas estações, enquanto o brotamento foliar parece não ser influenciado por nenhum fator ambiental observado. Os períodos de seca não restringem o desenvolvimento das espécies desta área, pois, a menor disponibilidade hídrica imposta não impediu o estabelecimento de diferentes padrões fenológicos, inclusive com a predominância do padrão perenifólio que se refletiu na comunidade. O padrão anual e intermediário de floração e frutificação é predominante entre as populações, a melitofilia entre as síndromes de polinização e a zoocoria entre as de dispersão. Os recursos são distribuídos ao longo do ano na comunidade, sendo importante para a redução da competição e para a manutenção de polinizadores e dispersores.

ABSTRACT

The present study investigated aspects of vegetative and reproductive phenology of 31 woody species of cerrado rupestre. In the analysis of vegetative phenology were observed patterns of leaf fall and leaf budding and its relationship with environmental factors and plant water potential. In investigating of reproductive phenology, flowering events were followed (button and flower in anthesis) and fruiting (immature fruit and mature fruit), evaluating its relationship with abiotic factors (photoperiod, temperature, relative humidity and rainfall) and biotic (dispersal and pollination syndromes). The vegetative phenology was monitored systematically between March 2009 and August 2010. While the reproductive was observed in two periods: between October 2005 and September 2007 and between March 2009 and August 2010. The study was conducted in a cerrado rupestre area in the municipality of Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil, between coordinates 12 ° 27 '30.9 "S and 41 ° 27' 28.3" W. To the phenological study three plots of 20x50m were bounded and 190 individuals sampled, belonging to 31 species in 21 families. From the pattern of leaf fall and leaf budding, the species were classified as evergreen, evergreen episodic, semi-deciduous and deciduous. And reproductive events (flowering and fruiting) were classified according to frequency, duration and regularity of the event. All phenophases were correlated with environmental variables. From the characterization of the flowers and fruits, the species were classified in relation to pollination syndromes and dispersal and evaluated at the time of availability of resources in the community. The community showed a pattern of continued production of leaves, flowers and fruits. Leaf fall was more pronounced in dry season, and the activity index of species flowering and fruiting was greater in the transition from dry to moist. Flowering seems to be influenced by leaf fall, besides the increase of photoperiod and temperature in the transition of these stations, while the leaf budding does not seem to be influenced by any environmental factor observed. The drought does not restrict the development of species of this area, therefore, the lowest water availability imposed would not prevent different phenological patterns, including the predominance of the pattern that was reflected in the evergreen community. The standard annual and intermediate flowering and fruiting is prevalent among populations, the melittophily between pollination syndromes and zoochory between dispersion. The resources are distributed throughout the year in the community, it is important to reduce competition and the maintenance of pollinators and dispersers, and consequently, for the reproductive success of plant communities.