



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

BIANCA BUCK PERINA

**FENOLOGIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS DE
UMA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL
DO SUL DO BRASIL**

Londrina
2011

BIANCA BUCK PERINA

**FENOLOGIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS DE
UMA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL
DO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina, como um dos requisitos à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Edmilson Bianchini

Londrina
2011

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

P445f Perina, Bianca Buck.

Fenologia de espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecidual do sul do Brasil / Bianca Buck Perina. – Londrina, 2012.
72 f. : il.

Orientador: Edmilson Bianchini.

Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2012.

Inclui bibliografia.

1. Fenologia – Florestas – Teses. 2. Fenologia vegetal – Teses. 3. Vegetação e clima – Teses. 4. Florestas tropicais – Teses. I. Bianchini, Edmilson. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

CDU 581.54



COORDENADORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
Divisão de Admissão e Registro

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS-MESTRADO E DOUTORADO**

DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Discente: Bianca Buck Perina

Título: "Fenologia de espécies arbóreas de uma floresta estacional
semidecidual do sul do Brasil".

Data da Defesa: 29 de setembro de 2011 - 14:00 hs, na sala de
aula da Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Centro de
Ciências Biológicas, desta Universidade.

Banca Examinadora

Parecer

Dr. Edmilson Bianchini

APROVADO


Dra. Daniela Custódio Talora

aprovado

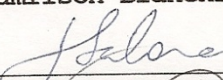
Dr. José Antonio Pimenta

APROVADO

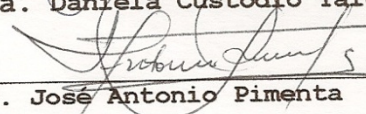
Parecer Final APROVADO



Dr. Edmilson Bianchini



Dra. Daniela Custódio Talora



Dr. José Antonio Pimenta

AGRADECIMENTOS

Ao professor Edmilson Bianchini, por me orientar neste trabalho e durante todos os anos de realização de estágio no Laboratório de Ecologia Vegetal, pela amizade, paciência, por seus ensinamentos, pela confiança no meu trabalho e por me apoiar e compreender nas horas de dificuldade.

Ao professor José Antonio Pimenta por toda sua colaboração com este trabalho, seja em campo, seja em sugestões ou esclarecimento de dúvidas, e por participar da banca examinadora.

À professora Daniela Custódio Talora por aceitar o convite para fazer parte da banca examinadora, e pelas correções e sugestões na pré-banca.

Aos professores Cristiano Medri e José Eduardo L. da Silva Ribeiro, membros da banca examinadora (suplentes).

Ao técnico Edson Mendes Francisco, do Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas (LABRE), pela valiosa ajuda na identificação de muitas espécies em campo.

Aos professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas pelo incentivo e amizade.

Ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) por permitir a realização deste trabalho no Parque Estadual Mata dos Godoy, e aos funcionários do parque, pelo incentivo e amizade.

Ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), pela cessão dos dados climáticos.

À CAPES, pela bolsa de estudo concedida.

Aos meus pais e irmã. Em especial à minha mãe, Susete, que sempre torceu e vibrou por mim a cada objetivo em minha vida que conquistei e pelo apoio incondicional nos momentos mais difíceis, sempre.

Ao meu querido marido, Fabiano, por todo o apoio, compreensão, companheirismo e paciência nas horas difíceis, e por tudo que vivemos juntos até aqui.

À amiga Barbara, parceira de curso, pelo companheirismo, apoio, amizade sincera e inúmeros bons momentos compartilhados.

Aos amigos Luis F. Alberti e Natalia C. Soares pela ajuda em Rio Claro.

À todos os amigos que em algum momento me auxiliaram em campo.

À Deus, pelas oportunidades e por sempre me dar força para superar obstáculos.

Enfim, à todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos. Muito obrigada!!

PERINA, Bianca Buck. **Fenologia de espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecidual do Sul do Brasil**. 2011. 53f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

RESUMO

As variações sazonais na precipitação, temperatura e fotoperíodo têm influência sobre a fenologia de plantas tropicais, mas a importância relativa de cada um destes fatores varia de acordo com o ecossistema estudado. Neste estudo a fenologia vegetativa e reprodutiva de espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecidual foi acompanhada durante três anos e foram analisadas as suas relações com as variáveis ambientais locais (precipitação, temperatura e fotoperíodo). As espécies foram agrupadas por síndrome de dispersão de diásporos, a fim de verificar se houve diferença no padrão de dispersão de cada grupo. Também foi verificado se os padrões fenológicos encontrados são sazonais e se são similares entre anos consecutivos. O estudo foi desenvolvido no Parque Estadual Mata dos Godoy, localizado no limite sul da zona tropical (23°27' S e 51°15' W), Estado do Paraná, Brasil. O clima da região é subtropical úmido, e não apresenta uma longa estação seca, embora possam ser definidas duas estações, uma úmida e quente de outubro a março e outra mais seca e fria de abril a setembro. As observações fenológicas foram realizadas mensalmente em 568 indivíduos pertencentes a 60 espécies arbóreas. Foram calculados, para cada mês, a proporção de espécies em cada fenofase e o percentual de intensidade de Fournier de cada fenofase. As fenofases observadas foram: brotamento, abscisão foliar, botões florais, antese, frutos imaturos e dispersão. Para testar a ocorrência de sazonalidade nas fenofases foi utilizada a estatística circular, e para avaliar as relações entre as variáveis abióticas consideradas e as fenofases foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman (r_s). O teste Kruskal-Wallis (H) foi aplicado para verificar se houve diferença na proporção de espécies em atividade fenológica para cada fenofase entre os anos. A queda foliar foi maior tanto em intensidade como em proporções de espécies entre os meses de junho a outubro, especialmente em agosto, e foi seguida pelo brotamento que ocorreu principalmente entre os meses de agosto a novembro, juntamente com a maior produção de botões florais. A antese se deu entre setembro e novembro para a maioria das espécies. Maior proporção de espécies com frutos imaturos foi observada de novembro a fevereiro. A dispersão ocorreu continuamente para a comunidade, mas as maiores proporções de espécies foram observadas entre janeiro e fevereiro para as espécies zoocóricas, e entre julho e agosto para as anemo e autocóricas, respectivamente. Os testes de sazonalidade mostraram que a comunidade arbórea apresenta, em geral, padrões fenológicos pouco sazonais, diferente do observado em outras florestas semidecíduas brasileiras. Tal sazonalidade, embora menos pronunciada, provavelmente ocorre em resposta às variações na precipitação, temperatura e fotoperíodo, uma vez que houve muitas correlações entre a maioria das fenofases e estas variáveis, sobretudo com o fotoperíodo e a temperatura. Em geral, não houve diferença nas fenofases entre os anos de estudo. Esta previsibilidade fenológica e a forte relação entre algumas fenofases e o clima médio sugerem que as variações interanuais na precipitação e temperatura são menos importantes para as espécies estudadas.

Palavras-chave: Sazonalidade. Árvores tropicais. Fenologia vegetativa. Floração. Frutificação. Fotoperíodo.

PERINA, Bianca Buck. **Tree community phenology in a seasonal semideciduous forest in South Brazil**. 2011. 53f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

ABSTRACT

Seasonal changes in rainfall, temperature and day length influence the tropical plant phenology, but the relative importance of each of these factors varies according to the ecosystem studied. In this study, we monitored the vegetative and reproductive phenology of tree species in a seasonal semideciduous forest for three years and analyzed their relations with the local environmental variables (rainfall, temperature and day length). We separated the species according to diaspore dispersal modes, in order to verify their influence on the dispersal time. We also checked if the phenological patterns founded are seasonal and if they are similar between consecutive years. The study was conducted at Mata dos Godoy State Park, located at the southern edge of the tropical zone (23°27'S and 51°15'W), Paraná State, Brazil. The climate is subtropical humid and does not have a long dry season. However, two seasons can be defined, a rainy and hot one, from October to March, and a relatively drier and colder one, from April to September. The phenological observations were performed monthly in 568 individuals belonging to 60 tree species. For each month we calculated the proportion of species in each phenophase and the Fournier intensity percentual for each phenophase. The phenophases observed were flushing, leaf-fall, flower buds, anthesis, immature fruits and dispersion. We used the circular statistics to test the occurrence of seasonality in phenophases. To evaluate the relationship between abiotic variables considered and phenophases, we used Spearman correlation coefficient (r_s). We used Kruskal-Wallis test (H) to check if there was difference in the proportion of species in phenological activity for each phenophase between years. The leaf fall occurred with higher proportions of species and intensity between the months of June and October, especially in August, and was followed by flushing, that occurred mainly between August to November, together with the increase in flower buds production. Anthesis took place between September and November for most of the species. A greater proportion of species with unripe fruits was observed from November to February. Dispersion occurred continuously to the community level, but highest proportions of species was observed mainly between January and February for zoochoric species, and between July and August for anemochoric and autochoric species, respectively. Seasonality tests showed that the tree community presents, generally, phenological patterns somewhat seasonal, different from that observed in other Brazilian semideciduous forests. Such seasonality, although less pronounced, probably occurs in response to variations in rainfall, temperature and day length, as there were many significant correlations between most phenophases and these variables, especially with day length and temperature. In general, there was no difference in the phenophases between the years of study. This phenological predictability and the strong relationship some phenophases and average climate suggests that the interannual variations in rainfall and temperature are less important for the studied species.

Key words: Seasonality. Tropical forest trees. Leaf phenology. Flowering. Fruiting. Day length.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	7
Referências	13
FENOLOGIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS DE UMA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL	18
Abstract	18
Introdução	19
Material e métodos	20
Área de Estudo.....	20
Coleta de Dados.....	24
Análise dos Dados	26
Resultados	28
Queda foliar e brotamento.....	32
Floração	38
Frutificação.....	39
Discussão.....	42
Agradecimentos	49
Resumo.....	49
Referências	50

INTRODUÇÃO GERAL

A fenologia pode ser definida como o estudo da ocorrência de eventos biológicos repetitivos, das causas de sua ocorrência em relação às forças seletivas bióticas e abióticas e das relações entre estes eventos, dentro de uma mesma ou de diferentes espécies (Lieth 1974).

É considerada uma importante linha de pesquisa ecológica, sendo um dos parâmetros a ser utilizado para caracterizar ecossistemas (Lieth 1974). Fournier (1974) ressalta que os estudos fenológicos contribuem para a compreensão da dinâmica das comunidades florestais e servem como indicadores das respostas destes organismos às condições climáticas e edáficas. Além disso, são de fundamental importância para a silvicultura e manejo florestal, seja com os objetivos econômicos ou de conservação (Fournier 1974, Pinto et al. 2005).

O conhecimento fenológico contribui também para o entendimento da distribuição temporal de recursos dentro das comunidades e de processos biológicos de plantas e outros organismos que interagem com elas, particularmente das interações ecológicas que ocorrem entre plantas e animais que dependem destas para alimentação, bem como da história evolutiva dos mesmos (Justiniano e Fredericksen 2000, Talora e Morellato 2000).

O número de estudos abordando a fenologia em florestas tropicais tem aumentado nas últimas décadas e os mecanismos que regulam a periodicidade dos ritmos vegetativos e reprodutivos nas plantas têm sido revisados e discutidos por vários autores (Rathcke e Lacey 1985, Van Schaik et al. 1993, Reich 1995, Wright 1996, Fenner 1998, Sakai 2001), esclarecendo questões e estimulando a busca de novas teorias nesta linha de pesquisa ecológica.

Grande parte dos estudos é em nível de comunidade e descreve os padrões fenológicos de várias espécies pertencentes a uma ou diferentes formas de vida, de um tipo de vegetação e região geográfica definidas (revisados por Morellato 2003, na América do Sul), e muitos enfocam as épocas de ocorrência ou sazonalidade das fenofases, frequentemente com o propósito de entender a disponibilidade de recursos como folhas, flores e frutos para seus consumidores (Newstrom et al. 1994, Sakai 2001), e a influência de fatores abióticos ou de processos bióticos sobre a fenologia das plantas. Entretanto, diversas abordagens

têm sido realizadas, com diferentes metodologias empregadas tanto para a coleta quanto para a análise dos dados, o que muitas vezes torna difícil a comparação de resultados (Fournier 1974, Sakai 2001, Bencke e Morellato 2002, D'Eça-Neves e Morellato 2004).

As pesquisas fenológicas em ambientes florestais no Brasil têm sido realizadas principalmente em duas regiões: na Amazônia, podendo ser citados os trabalhos de Araújo (1970), Alencar et al. (1979), Magalhães e Alencar (1979), Alencar (1994), Ruiz e Alencar (2004), Pinto et al. (2005), e na região Sudeste com os trabalhos de Morellato et al. (1989, 1990), Morellato e Leitão-Filho (1990, 1996), Morellato (1991), Costa et al. (1992), Dias e Oliveira-Filho (1996), Stranghetti e Ranga (1997), Ferraz et al. (1999), Morellato et al. (2000), Talora e Morellato (2000), Spina et al. (2001), Rubim et al. (2010), entre outros.

Em geral, nas demais regiões do país os estudos fenológicos em comunidades são escassos podendo ser citados os trabalhos de Reys et al. (2005) e Ragusa-Netto e Silva (2007), no Mato Grosso do Sul, Machado et al. (1997), Griz e Machado (2001), Conceição et al. (2007) e Medeiros et al. (2007) no Nordeste. Igualmente raros são os estudos desenvolvidos no Sul do Brasil, mencionados a seguir.

Alguns tipos de vegetação têm recebido mais atenção dos pesquisadores no Brasil, tais como floresta de terra-firme ou floresta de terras baixas na Amazônia, floresta Atlântica, floresta estacional semidecidual e cerrado (Morellato 2003). Entretanto, nos últimos anos foram desenvolvidos alguns trabalhos que enfocam mudanças sazonais em espécies de plantas da caatinga, floresta de galeria, floresta inundada ou sazonalmente inundada da Amazônia, floresta litorânea e dunas, entre outras (Morellato 2003).

No Brasil, conforme a classificação da vegetação proposta por Veloso et al. (1991), a floresta estacional semidecidual é uma formação representada por florestas variáveis fisionomicamente, constituídas por elementos arbóreos (perenifólios ou decíduos), além de elementos arbustivos, lianas e epífitas. Está relacionada em toda a sua área de ocorrência a um clima de duas estações definidas, uma chuvosa e outra seca, em latitudes menores, ou então a uma acentuada variação térmica, especialmente em latitudes maiores que 24°S.

Tais características climáticas são apontadas como fatores determinantes de uma forte estacionalidade foliar dos elementos arbóreos

dominantes, como resposta ao período de deficiência hídrica, ou à queda de temperatura nos meses mais frios. Na área de clima subtropical, como é o caso da maior parte do sul do Brasil, ocorre um período com acentuada diminuição térmica (+/- 15°C), sem apresentar um período de seca pronunciado (Veloso et al. 1991, Mikich e Silva 2001).

No Paraná, a floresta estacional semidecidual ocorre no oeste, noroeste e norte do Estado, em grande parte coincidindo com a região de ocorrência da vulgarmente conhecida “terra roxa”. Estima-se que exista menos de 5% da área total original ocupada por este tipo de floresta no Estado, representada por fragmentos florestais de diferentes tamanhos distribuídos irregularmente ao longo da área de distribuição da formação (SOS Mata Atlântica /INPE/ISA 1998, *apud* Mikich e Silva, 2001). Embora a recomposição destas florestas seja necessária, pouco se conhece sobre a fenologia das mesmas. Um destes remanescentes florestais, localizado no norte do Estado, foi transformado em Unidade de Conservação, o Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), no qual este estudo foi realizado.

O PEMG, com 680 ha, é uma das maiores Unidades de Conservação do norte do Paraná e sua vegetação, juntamente com a de outros pequenos fragmentos, representa entre 1 e 3% da vegetação que originalmente havia na região (Silveira 2006). Sua vegetação é classificada como floresta estacional semidecidual submontana, e o sub-bosque e o dossel são seus estratos mais conhecidos (Silveira 2006). Encontra-se em boas condições de preservação e é circundado por terras cultivadas, pastos, áreas florestadas e reflorestadas (Soares-Silva e Barroso 1992, Bianchini et al. 2003, Bianchini et al. 2006).

Em um levantamento fitossociológico realizado na porção norte do parque por Soares-Silva e Barroso (1992), as famílias com maior número de espécies foram Myrtaceae, Meliaceae, Lauraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae e Salicaceae que, quando somadas, representavam 53% das espécies encontradas. Este estudo incluiu todas as árvores com DAP (diâmetro a altura do peito) superior ou igual a 5cm encontradas em uma área de 1ha, e registrou 1471 indivíduos, reunidos em 36 famílias, 63 gêneros e 100 espécies. Entre as espécies com altos valores de densidade destacavam-se *Trichilia claussoni* C. DC., *Euterpe edulis* Mart., *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg., *Actinostemon concolor* (Spreng.) Müll. Arg., *Croton floribundus* Spreng., *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., e *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. A espécie com maior valor de dominância foi *A.*

polyneuron seguida por *Ficus insipida* Willd., *C. floribundus*, *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms e *N. megapotamica*. Tendo apresentado os maiores valores de dominância, frequência e o terceiro valor de densidade, *A. polyneuron* destacou-se como a espécie mais importante da comunidade vegetal. Destacaram-se como espécies emergentes *A. polyneuron*, *F. insipida*, *G. integrifolia*, *Alchornea glandulosa* Poepp. e *Machaerium minutiflorum* Tul. que podem alcançar até mais de 35m de altura. No sub-bosque, formado por espécies que na maioria não ultrapassam os 8m de altura, destacaram-se *Trichilia elegans* A. Juss., *A. concolor*, *Solanum argenteum* Dunal, *Sorocea bonplandii* (Baill.) W.C. Burger, Lanj. & Wess. Boer e *Mollinedia clavigera* Tul. As espécies *C. floribundus*, *N. megapotamica*, *C. canjerana*, *Holocalyx balansae* Micheli, e *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. são abundantes no dossel da floresta.

A composição florística da porção norte do parque evidencia que esse remanescente caracteriza-se como uma floresta de contato, resultante da proximidade e, em maior ou menor grau, da influência de diversos tipos florestais circundantes ao Paraná (Soares-Silva e Barroso 1992). Silveira (2006), também afirmou que algumas espécies que ocorrem no PEMG têm ampla distribuição geográfica, existindo nele espécies que ocorrem na floresta atlântica (*Guapira opposita* (Vell.) Reitz e *E. edulis*), no cerrado (*Casearia gossypiosperma* Briq., *Casearia sylvestris* Sw. e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan), na caatinga (*A. colubrina*, *Ruprechtia laxiflora* Meisn., *B. riedelianum*, *Alseis floribunda* Schott, e *Pouteria gardneriana* (DC.) Radlk.), e na amazônia (*C. canjerana*, *Tapirira guianensis* Aubl., *Cordia ecalyculata* Vell., *Guarea kunthiana* A. Juss., *A. glandulosa*, entre outras).

Até o momento, há três estudos fenológicos realizados no PEMG. Bianchini et al. (2006) e Pimenta (1998) estudaram os padrões fenológicos vegetativos e reprodutivos de populações de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl. e *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg, respectivamente, e observaram comportamento fenológico sazonal relacionado com a estacionalidade climática da região. Emmerick (2007) descreveu a fenologia de duas populações de figueira, *Ficus insipida* Willd. e *Ficus glabra* Vell., e observou que estas espécies apresentam padrões fenológicos vegetativos e reprodutivos distintos.

Além dos estudos fenológicos realizados no PEMG, outros três foram desenvolvidos em áreas de floresta estacional semidecidual no Paraná: Pereira et al. (2007), Novaes (2007), e Mikich e Silva (2001).

Pereira et al. (2007) estudou uma população de *Ficus citrifolia* Mill. no campus da Universidade Estadual de Londrina e verificou que esta espécie de figueira apresenta padrões vegetativos sazonais associados à sazonalidade climática da região. Porém, observou baixa sazonalidade reprodutiva, com a floração e a produção de frutos maduros ocorrendo ao longo do ano, sugerindo a presença de outras pressões seletivas na manutenção deste padrão.

Novaes (2007) realizou um estudo utilizando registros de herbário e investigou a fenologia reprodutiva de 104 espécies arbóreas encontradas na região de Londrina, incluindo amostras coletadas em 28 municípios, em um total de 2401 registros. Observou floração sazonal, com pico no início da estação úmida e produção de frutos maduros quase constante ao longo do ano. Entretanto, quando analisou as espécies por síndrome de dispersão, verificou que as anemocóricas dispersavam seus frutos principalmente na estação seca, e as zoocóricas na estação úmida. As autocóricas, por outro lado, não apresentaram padrão sazonal.

Mikich e Silva (2001) estudaram durante oito anos a fenologia reprodutiva de 132 espécies zoocóricas (67 arbóreas), em quatro remanescentes de floresta semidecidual na região centro-oeste do Estado. As espécies arbóreas apresentaram floração sazonal, com pico no início da estação úmida, e dispersão distribuída ao longo do ano.

Carmo e Morellato (2000), Marques e Oliveira (2004), Marques et al. (2004), Liebsch e Mikich (2009) também realizaram estudos fenológicos no Estado, porém, em outras formações florestais.

Além dos estudos citados para o Estado do Paraná, podem ser citados para a região Sul, os trabalhos de Bencke (2005), Alberti (2007) e Alberti e Morellato (2008), em florestas semidecíduas no Rio Grande do Sul, e vários realizados em florestas semidecíduas na região Sudeste, como os trabalhos de Morellato e Leitão-Filho (1990, 1996), Morellato (1991), Dias e Oliveira-Filho (1996), Stranghetti e Ranga (1997), Pedroni et al. (2002), Santos e Takaki (2005) e Campos (2007). Esses estudos, em geral, mostram padrões fenológicos sazonais que acompanham as variações locais no clima ou fotoperíodo.

Os objetivos principais deste estudo foram descrever a fenologia vegetativa e reprodutiva da comunidade arbórea do PEMG, acompanhada durante três anos, analisar as suas relações com as variáveis ambientais locais (precipitação, temperatura e fotoperíodo) e verificar se os padrões fenológicos encontrados são sazonais e se repetem entre anos consecutivos.

Este é o primeiro estudo fenológico da região norte do Paraná realizado com dados obtidos de forma sistemática, em campo, para um grande número de espécies arbóreas. Ainda, as espécies estudadas incluem a maioria das espécies mais importantes e abundantes do PEMG.

O PEMG é o último testemunho vivo da floresta estacional que antes cobria todo o norte do Paraná, e é o ecossistema de referência para restauração de outras áreas e para a recomposição de matas ciliares (Anjos 2006). Dessa forma, o conhecimento da fenologia de suas espécies arbóreas poderá contribuir com futuros trabalhos de restauração florestal, pois informações como época de floração e frutificação, além de facilitarem a coleta de sementes para a produção de mudas, são importantes na seleção de espécies a serem utilizadas na restauração, com o propósito de garantir um mínimo de recursos para polinizadores e dispersores, e até mesmo para atrair estes animais para essas áreas. Além disso, espera-se também que este trabalho possa facilitar a realização de futuros estudos sobre polinização e dispersão, bem como outros estudos fenológicos que vierem a ser desenvolvidos no PEMG.

REFERÊNCIAS

- ALBERTI LF. 2007. Comparação entre borda antrópica, clareiras naturais e o interior da floresta quanto à fenologia de árvores na floresta semidecídua e quanto à fenologia do arbusto *Psychotria nuda* na Floresta Atlântica. 234f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.
- ALBERTI LF E MORELLATO LPC. 2008. Influência da abertura de trilhas antrópicas e clareiras naturais na fenologia reprodutiva de *Gymnanthes concolor* (Spreng.) Müll. Arg. (Euphorbiaceae). Rev Bras Bot 31: 53-59.
- ALENCAR JC, ALMEIDA RA E FERNANDES NP. 1979. Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. Acta Amaz 9: 163-198.
- ALENCAR JC. 1994. Fenologia de cinco espécies arbóreas tropicais de Sapotaceae correlacionada a variáveis climáticas na reserva Ducke, Manaus, AM. Acta Amaz 24: 161-182.
- ANJOS L. 2006. Conservação do Parque Estadual Mata dos Godoy. In: TOREZAN JM (Org), Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina: ITEDES, p.168-169.
- ARAÚJO VC. 1970. Fenologia de essências florestais amazônicas I. Boletim do INPA 4: 1-25.
- BENCKE CSC E MORELLATO LPC. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. Rev Bras Bot 25: 269-275.
- BENCKE CSC. 2005. Estudo da fenologia de espécies arbóreas em uma floresta semidecídua no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS. 58f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- BIANCHINI E, POPOLO RS, DIAS MC E PIMENTA JA. 2003. Diversidade e estrutura de espécies arbóreas em área alagável do município de Londrina, Sul do Brasil. Acta Bot Bras 17: 405-419.
- BIANCHINI E, PIMENTA JA E SANTOS FAM. 2006. Fenologia de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engl. (Sapotaceae) em floresta semidecídua do Sul do Brasil. Rev Bras Bot 29: 595-602.
- CAMPOS EP. 2007. Fenologia e chuva de sementes em floresta estacional semidecidual no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 50f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- CARMO MRB E MORELLATO LPC. 2000. Fenologia de árvores e arbustos das matas ciliares da Bacia do Rio Tibagi, Estado do Paraná, Brasil. In: RODRIGUES RR E LEITÃO FILHO HF (Eds), Matas ciliares: conservação e recuperação, São Paulo: EDUSP, p.125-141.

- CONCEIÇÃO AA, FUNCH LS E PIRANI JR. 2007. Reproductive phenology, pollination and seed dispersal syndromes on sandstone outcrop vegetation in the “Chapada Diamantina”, northeastern Brazil: population and community analyses. *Rev Bras Bot* 30: 475-485.
- COSTA MLMN, PEREIRA TS E ANDRADE ACS. 1992. Fenologia de algumas espécies da mata atlântica, Reserva Ecológica de Macaé de Cima (estudo preliminar). In: Congresso Nacional sobre Essências Nativas, 2., 1992, São Paulo. Anais... São Paulo: Revista do Instituto Florestal, v.4, p.226-232.
- D'EÇA-NEVES FF E MORELLATO LPC. 2004. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. *Acta Bot Bras* 18: 99-108.
- DIAS HCT E OLIVEIRA-FILHO AT. 1996. Fenologia de quatro espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecídua montana em Lavras, MG. *Cerne* 2: 66-88.
- EMMERICK JM. 2007. Fenologia de *Ficus glabra* Vell. e *Ficus insipida* Willd. no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina – PR. 51f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.
- FENNER M. 1998. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 1: 78-91.
- FERRAZ DK, ARTES R, MANTOVANI W E MAGALHÃES LM. 1999. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. *Rev Bras Biol* 59: 305-317
- FOURNIER LA. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24: 422-423.
- GRIZ LMS E MACHADO ICS. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in northeast of Brazil. *J Trop Ecol* 17: 303-321.
- JUSTINIANO MJ E FREDERICKSEN TS. 2000. Phenology of tree species in Bolivian dry forests. *Biotropica* 32: 276-281.
- LIEBSCH D E MIKICH SB. 2009. Fenologia reprodutiva de espécies vegetais da Floresta Ombrófila Mista do Paraná, Brasil. *Rev Bras Bot* 32: 375-391.
- LIETH H. 1974. Introduction to phenology and modelling of seasonality. In: LIETH H. (Ed). *Phenology and seasonality modeling*. Berlin: Springer-Verlag, p. 3-19.
- MACHADO ICS, BARROS LM E SAMPAIO EVSB. 1997. Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, northeastern Brazil. *Biotropica* 29: 57-68.
- MAGALHÃES LMS E ALENCAR JC. 1979. Fenologia do pau-rosa (*Aniba duckei* Kostermans), Lauraceae, em floresta primária na Amazônia Central. *Acta Amaz* 9: 227-232
- MARQUES MCM E OLIVEIRA PEAM. 2004. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas florestas de restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. *Rev Bras Bot* 27: 713-723.

- MARQUES MCM, ROPER JJ E SALVALAGGIO APB. 2004. Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brasil. *Plant Ecol* 173: 203-213.
- MEDEIROS DPW, LOPES AV E ZICKEL CS. 2007. Phenology of woody species in tropical coastal vegetation, northeastern Brazil. *Flora* 202: 513-520.
- MIKICH SB E SILVA SM. 2001. Composição florística e fenologia das espécies zoocóricas de remanescentes de floresta estacional semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil. *Acta Bot Bras* 15: 89-113.
- MORELLATO LPC. 1991. Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. 203f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.
- MORELLATO LPC. 2003. South America. In: SCHUWARTZ MD (Ed), *Phenology: an integrative environmental science*, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p.75-92.
- MORELLATO LPC E LEITÃO-FILHO HF. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Rev Bras Biol* 50: 163-173.
- MORELLATO LPC E LEITÃO-FILHO HF. 1996. Reproductive phenology of climbers in a southeastern brazilian forest. *Biotropica* 28: 180-191.
- MORELLATO LPC, LEITÃO-FILHO HF, RODRIGUES RR E JOLY CA. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Rev Bras Biol* 50: 149-162.
- MORELLATO LPC, RODRIGUES RR, LEITÃO-FILHO HF E JOLY CA. 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Rev Bras Bot* 12: 85-98.
- MORELLATO LPC, TALORA DC, TAKAHASI A, BENCKE CC, ROMERA EC E ZIPPARRO VB. 2000. Phenology of atlantic rain forest trees: a comparative study. *Biotropica* 32: 811-823.
- NEWSTRON LE, FRANKIE GW E BAKER HG. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26: 141-159.
- NOVAES TG. 2007. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas da região de Londrina, PR. 55f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.
- PEDRONI F, SANCHEZ M E SANTOS FAM. 2002. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. – Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Rev Bras Bot* 25: 183-194.

PEREIRA RAS, RODRIGUES E E MENEZES JUNIOR AO. 2007. Phenological patterns of *Ficus citrifolia* (Moraceae) in a seasonal humid-subtropical region in Southern Brasil. *Plant Ecol* 188: 265-275.

PIMENTA JA. 1998. Estudo populacional de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg (Myrtaceae) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

PINTO AM, RIBEIRO RF, ALENCAR JC E BARBOSA AP. 2005. Fenologia de *Simarouba amara* Aubl. na reserva florestal Adolpho Ducke, Manaus, AM. *Acta Amaz* 35: 347-352.

RAGUSA-NETTO J E SILVA RR. 2007. Canopy phenology of a dry forest in western Brazil. *Braz J Biol* 67: 569-575.

RATHCKE B E LACEY EP. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annu Rev Ecol Syst* 16: 179-214.

REICH PB. 1995. Phenology of tropical forests: patterns, causes and consequences. *Can J Bot* 73: 164-174.

REYS P, GALETTI M, MORELLATO LPC E SABINO J. 2005. Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em mata ciliar no Rio Formoso, Mato Grosso do Sul. *Biota Neotrop* 5(2): 309-318.

RUBIM P, NASCIMENTO HEM E MORELLATO LPC. 2010. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Acta Bot Bras* 24: 756-764.

RUIZ RR E ALENCAR JC. 2004. Comportamento fenológico da palmeira patauá (*Oenocarpus bataua*) na reserva florestal Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil. *Acta Amaz* 34: 553-558.

SAKAI S. 2001. Phenological diversity in tropical forests. *Popul Ecol* 43: 77-86.

SANTOS DL E TAKAKI M. 2005. Fenologia de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) na região rural de Itirapina, SP, Brasil. *Acta Bot Bras* 19: 625-632.

SILVEIRA M. 2006. A vegetação do Parque Estadual Mata dos Godoy. In: TOREZAN JM (Org), *Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy*, Londrina: ITEDES, p.19-27.

SOARES-SILVA LH E BARROSO GM. 1992. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta na porção norte do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina-PR, Brasil. In: *Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, 8., São Paulo. Anais...* São Paulo: Sociedade Botânica de São Paulo, p.101-112.

SPINA AP, FERREIRA WM E LEITÃO FILHO HF. 2001. Floração, frutificação e síndromes de dispersão de uma comunidade de floresta de brejo na região de Campinas (SP). *Acta Bot Bras* 15: 349-368.

STRANGHETTI V E RANGA NT. 1997. Phenological aspects of flowering and fruiting at the Ecological Station of Paulo de Faria-SP-Brasil. *Trop Ecol* 38: 323-327.

TALORA DC E MORELLATO PC. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Rev Bras Bot* 23: 13-26.

VELOSO HP, RANGEL-FILHO ALR E LIMA JCA. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, 124p.

VAN SCHAIK CP, TERBORGH JW E WRIGHT SJ. 1993. The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annu Rev Ecol Syst* 24: 353-377.

WRIGHT SJ. 1996. Phenological responses to seasonality in tropical forest plants. In: MULKEY SS, CHAZDON RL E SMITH AP (Eds), *Tropical forest plant ecophysiology*, New York: Springer, p. 440-460.

Fenologia de espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecidual do Sul do Brasil.

Artigo nas normas da revista Anais da Academia Brasileira de Ciências.

Bianca Buck Perina^{1*}, Edmilson Bianchini²

Palavras-chave: Sazonalidade. Árvores tropicais. Fenologia vegetativa. Floração. Frutificação. Fotoperíodo.

Título resumido: Fenologia de árvores em uma floresta estacional semidecidual

Artigo destinado à seção de Ciências Biológicas

ABSTRACT

Seasonal changes in rainfall, temperature and day length have influence in the tropical plant phenology, but the relative importance of each of these factors varies with the ecosystem studied. In this study we monitored the vegetative and reproductive phenology of 60 tree species in a semideciduous forest, located on the southern edge of the tropical zone (23°27'S and 51°15'W), in south Brazil, for three years. We analyzed their relations with local environmental variables (rainfall, temperature and day length). We also checked if the phenological patterns observed are seasonal and if they are similar between consecutive years. Seasonality tests showed that the tree community presents, in general, phenological patterns somewhat seasonal, different from the observed in other Brazilian semideciduous forests. Such seasonality, although less pronounced, probably occurs in response to variations in rainfall, temperature and day length, as there were many correlations between most phenophases and these variables, especially with day length and temperature. In general, there was no difference in the phenophases between the years of study. This phenological predictability and the strong relationship between phenophases and average climate suggest that the interannual variations in rainfall and temperature are less important for the studied plants.

Keywords: Seasonality. Tropical forest trees. Leaf phenology. Flowering. Fruiting. Day length.

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina, Caixa Postal 6001, 86051-990, Londrina, PR, Brasil.

² Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina, Caixa Postal 6001, 86051-990, Londrina, PR, Brasil.

* Autor para correspondência (e-mail: biancabuck@msn.com).

INTRODUÇÃO

A periodicidade ou regularidade das atividades biológicas é um tema importante em estudos fenológicos de comunidades tropicais (Sakai 2001) e uma generalização que emerge a partir destes estudos é que a produção de recursos pelas plantas, tais como folhas, flores, frutos ou sementes, utilizados por consumidores primários, pode variar ao longo do tempo em praticamente todas as florestas tropicais (Van Schaik et al. 1993).

Os fatores e/ou processos que regulam a periodicidade dos ritmos vegetativos e reprodutivos nas plantas têm sido revisados e discutidos por alguns autores (e.g. Rathcke e Lacey 1985, Van Schaik et al. 1993, Reich 1995, Wright 1996, Fenner 1998, Sakai 2001), esclarecendo questões e estimulando a busca de novas teorias nesta linha de pesquisa ecológica.

Dentre os fatores abióticos revisados, as variações pronunciadas na precipitação ao longo do ano, que expõem as plantas a períodos de estresse hídrico, frequentemente desempenham um papel importante tanto como fator próximo (que desencadeia um determinado evento fenológico) quanto último (que seleciona um ritmo particular) sobre a fenologia de plantas tropicais (Van Schaik et al. 1993, Borchert et al. 2004) e a periodicidade fenológica geralmente é mais evidente em florestas tropicais onde há forte sazonalidade na precipitação durante o ano (e.g. Frankie et al. 1974, Opler et al. 1976, Reich e Borchert 1984, Morellato et al. 1989, Justiniano e Fredericksen 2000, Singh e Kushwaha 2006).

No entanto, essa periodicidade também pode ser observada em muitos eventos fenológicos mesmo em florestas localizadas em regiões que apresentam precipitação alta e bem distribuída durante o ano (e.g. Morellato et al. 2000, Talora e Morellato 2000, Marques e Oliveira 2004, Bolen e Donati 2005), sugerindo que outros fatores além da variação na precipitação sejam determinantes na fenologia das espécies destas florestas. Dentre eles, as mudanças periódicas no fotoperíodo e temperatura têm sido identificadas como fatores relevantes sobre a fenologia de muitas plantas tropicais, especialmente em ecossistemas localizados em maiores latitudes (e.g. Morellato et al. 2000, Rivera e Borchert 2001, Rivera et al. 2002, Marques et al. 2004, Marques e Oliveira 2004, Bollen e Donati 2005, Liebsch e Mikich 2009). Desta forma, a importância relativa, ou o grau de influência, de cada um dos fatores citados sobre a fenologia de comunidades arbóreas pode variar de

acordo com o ecossistema estudado e, portanto, vários padrões fenológicos podem ser esperados.

A sazonalidade climática também pode influenciar diferentemente espécies com síndromes de dispersão distintas (Ragusa-Netto e Silva 2007). Para espécies zoocóricas o período mais propício para o desenvolvimento dos frutos e dispersão das sementes seria durante a estação úmida (Morellato 1991, Morellato e Leitão-Filho 1996), entretanto, a frutificação contínua ao longo do ano em nível de comunidade também pode ser observada, o que pode estar relacionado à redução da competição por dispersores (Morellato e Leitão-Filho 1992). Em espécies anemocóricas e autocóricas não há competição por agentes dispersores e espera-se, portanto, que a época de maturação dos frutos tenha maior sincronia com condições abióticas (Morellato e Leitão-Filho 1992). A dispersão de diásporos na estação seca é geralmente relacionada à anemocoria (Janzen 1967, Frankie et al. 1974, Matthes 1980, Lieberman 1982) e autocoria (Matthes 1980, Mantovani e Martins 1988).

Neste estudo a fenologia vegetativa e reprodutiva de espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecidual, localizada no limite sul da zona tropical e que apresenta sazonalidade pouco pronunciada na precipitação, foi acompanhada durante três anos e foram analisadas as suas relações com as variáveis ambientais locais (precipitação, temperatura e fotoperíodo) buscando responder as seguintes questões: Os padrões fenológicos vegetativos e reprodutivos da comunidade arbórea estudada são sazonais? Eles se repetem entre os anos de estudo ou acompanham as variações interanuais do clima? Como os eventos fenológicos (ou fenofases) estão relacionados aos fatores abióticos considerados? Quais fatores ambientais são mais importantes para cada fenofase? A época de maturação dos frutos está relacionada ao modo de dispersão das sementes?

MATERIAIS E MÉTODOS

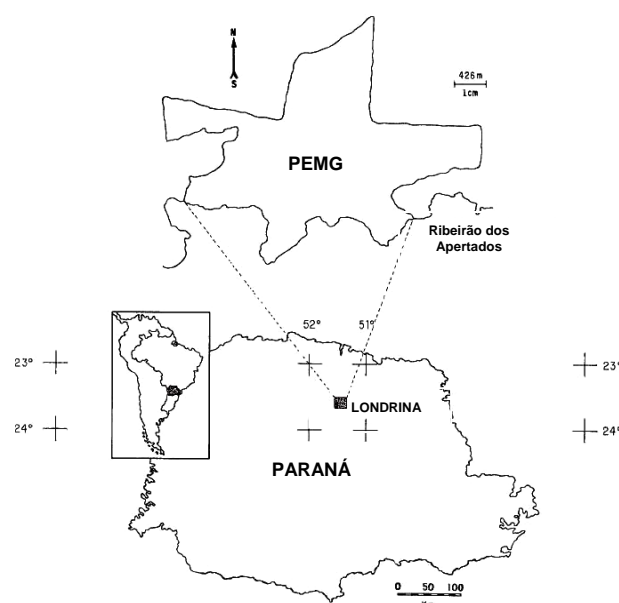
Área de Estudo

Este estudo foi conduzido na parte norte do Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG) (23°27' S e 51°15' W, centro de visitantes), município de Londrina, norte do Estado do Paraná, Brasil (Fig. 1). O PEMG é cortado pelo Trópico

de Capricórnio, estando, portanto, no limite sul da zona tropical, dista aproximadamente 18 km do centro da cidade de Londrina (Bianchini et al. 2001) e sua altitude varia de 500 a 600 m do nível do mar, aproximadamente (Bianchini et al. 2003). Possui uma área de cerca de 680 ha legalmente protegidos, mas, com o crescimento de capoeiras desde 1980, atualmente está conectado a outros fragmentos florestais, perfazendo uma área com cerca de 2800 ha (Vicente 2006). Encontra-se em boas condições de preservação, possui histórico de conservação conhecido e é circundado por terras cultivadas, pastos e áreas florestadas e reflorestadas (Soares-Silva e Barroso 1992, Bianchini et al. 2003, Bianchini et al. 2006).

O relevo do PEMG apresenta-se como planície suave na porção norte e colinas paralelas com declive moderado na porção sul, onde limita-se com o Ribeirão dos Apertados, único curso de água permanente da área. Na parte norte apresenta solo profundo, bem drenado, enquanto que as encostas ao sul apresentam camada mais rasa, sendo comum o afloramento de rochas (Soares-Silva e Barroso 1992, Bianchini et al. 2006, Vicente 2006). As unidades de solo predominantes são Latossolo Vermelho eutroférico, Nitossolo Vermelho eutroférico e associações com Neossolos Litólicos, todos considerados como solos de alta fertilidade (Vicente 2006, adaptado à terminologia proposta por Embrapa 1999).

Figura. 1 – Localização do Parque Estadual Mata dos Godoy ($23^{\circ}27' S$ e $51^{\circ}15' W$), cidade de Londrina, Estado do Paraná, Brasil (adaptado de Silva e Soares-Silva 2000).

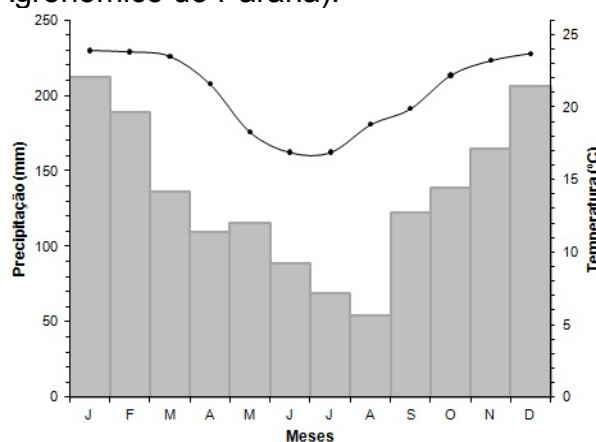


O PEMG é uma das maiores Unidades de Conservação do norte do Paraná e sua vegetação, juntamente com a de outros pequenos fragmentos, representa entre 1 e 3% da vegetação que originalmente havia na região (Silveira 2006). Sua vegetação é classificada como floresta estacional semidecidual submontana, e o sub-bosque e dossel são seus estratos mais facilmente reconhecíveis (Silveira 2006).

O clima da região, de acordo com o sistema de classificação de Köppen (1948), é do tipo Cfa caracterizado como clima mesotérmico, com verões quentes, sem estação seca definida, e temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. O clima no período de 33 anos (média histórica de janeiro de 1976 a dezembro de 2009) para a região de Londrina mostra precipitação total anual média de 1.606 mm e temperatura média anual de 21°C.

Embora a sazonalidade climática da região não seja pronunciada, observa-se a distinção entre uma estação quente e úmida de outubro a março, e uma estação mais fria e seca de abril a setembro (Fig. 2). Dezembro, janeiro e fevereiro são os meses com maior precipitação, com médias mensais em torno de 200 mm. Os meses mais secos são julho e agosto, quando o total de precipitação, em média, fica abaixo de 70 mm. Janeiro é o mês mais quente com temperatura média de 23,9°C e junho o mês mais frio com temperatura média de 16,9°C (Fig. 2).

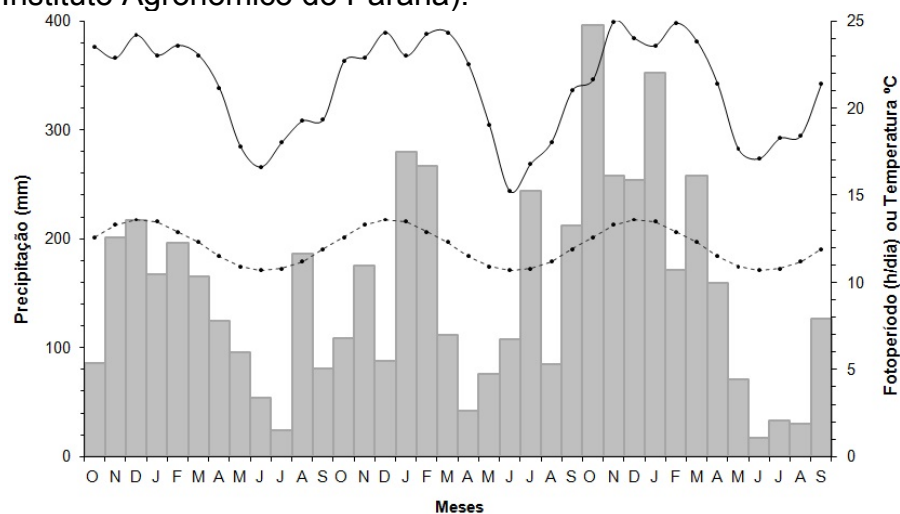
Figura 2 – Médias mensais de precipitação (barras) e temperatura (—) para a região de Londrina, Paraná, Brasil, calculadas com base no registro histórico de janeiro de 1976 a dezembro de 2009 (registros obtidos no Instituto Agrônômico do Paraná).



Observou-se grande variação na precipitação entre os anos de estudo (Fig. 3). O primeiro (out/2007 – set/2008) e o segundo ano (out/2008 – set/2009) apresentaram precipitação total anual de 1.599 mm e 1.796 mm, respectivamente, valores semelhantes à média histórica, embora a sua distribuição anual tenha sido diferente, com chuvas atípicas e muito superiores à média durante a estação seca, nos meses de agosto/2008 e julho/2009, por exemplo (Fig. 3). No terceiro ano de estudo (out/2009 – set/2010) a precipitação total anual foi de 2.129 mm, muito superior à média histórica e com a maior parte das chuvas ocorrendo durante a estação úmida. A estação seca deste ano, no entanto, foi mais semelhante à média histórica do que nos anos anteriores. Não houve grandes variações na temperatura média mensal quando se compara o mesmo mês entre os três anos de estudo (Fig. 3), e as médias anuais para o primeiro, segundo e terceiro ano foram de 21°C, 21.2°C e 21.4°C, respectivamente.

Os dados de precipitação e temperatura foram obtidos na Estação Meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR (23°22' S e 51°10' W), que dista cerca de 15 km da área de estudo, estando a 585 metros de altitude. O fotoperíodo médio mensal foi calculado segundo Forsythe et al. (1995), e tem seu valor mínimo de 10,7 h em junho e máximo de 13,6 h em dezembro (Fig. 3).

Figura 3 –Precipitação total mensal (barras) e médias mensais de temperatura do ar (—) e fotoperíodo (- -) para a região de Londrina, Paraná, Brasil, no período de outubro de 2007 a setembro de 2010 (registros obtidos no Instituto Agrônomo do Paraná).



Coleta de Dados

As observações fenológicas foram realizadas em espécies arbóreas, de outubro de 2007 a setembro de 2010, totalizando três anos de observações. Os indivíduos foram amostrados na ordem de aparecimento ao longo de duas trilhas localizadas na porção norte do parque, que totalizam cerca de 3 km. Os critérios de inclusão adotados para a amostragem foram perímetro a altura do peito (PAP) ≥ 5 cm e a boa visibilidade da copa para a observação de seus estágios reprodutivos e vegetativos. Os indivíduos amostrados foram numerados com plaquetas de alumínio e marcados com fita colorida para facilitar sua localização em campo. Para a maioria das espécies foi marcado um mínimo de cinco indivíduos para as observações, conforme sugerido por Fournier e Charpentier (1975), mas no caso de espécies que apresentam baixa densidade este número foi inferior.

As observações foram realizadas mensalmente, com o auxílio de binóculos. Seguindo os critérios propostos por Morellato et al. (1989) e Bianchini et al. (2006), as fenofases observadas foram: floração, dividida em botões florais e antese (flores abertas); frutificação, dividida em frutos imaturos e frutos maduros (fase de dispersão), brotamento foliar (pequenas folhas, com até $\frac{3}{4}$ do tamanho da folha madura, de coloração verde clara, rosada ou até vermelha) e abscisão foliar (quando as folhas se encontravam em tons amarelados, alaranjados ou avermelhados, quando caíam com facilidade com a ação do vento, quando foram notados espaços vazios na copa ou galhos sem folhas, ou ainda, pela observação da quantidade de folhas no chão embaixo dos indivíduos). Folhas, flores e frutos caídos no chão também foram utilizados como indicadores da presença de atividade fenológica. Amostras férteis da maioria das espécies foram coletadas, seguidas de herborização e identificação por comparação com exsicatas do Herbário da Universidade Estadual de Londrina.

Cada fenofase foi registrada qualitativamente (presença ou ausência) e para estimar sua intensidade foi utilizado o percentual de intensidade de Fournier, metodologia de quantificação fenológica proposta por Fournier (1974) que consiste em classificar cada indivíduo dentro de uma escala intervalar semi-quantitativa de cinco categorias (0 a 4), com intervalo de 25% de amplitude entre elas: 0 = ausência da fenofase; 1 = presença da fenofase com magnitude de 1 a 25%; 2 = presença da fenofase com magnitude de 26 a 50%; 3 = presença da

fenofase com magnitude de 51 a 75%; 4 = presença da fenofase com magnitude de 76 a 100%.

Para verificar se a síndrome de dispersão tem influência sobre o padrão de frutificação, as espécies foram agrupadas e analisadas por modo de dispersão de diásporos de acordo com a classificação feita por Silva e Soares-Silva (2000) para as espécies do PEMG em: 1) zoocóricas – diásporos adaptados à dispersão por animais; 2) anemocóricas – diásporos adaptados à dispersão pelo vento; 3) autocóricas – diásporos que não apresentam adaptações morfológicas evidentes para a dispersão pelas outras categorias, geralmente apresentando dispersão por explosão do fruto ou por gravidade.

As espécies também foram agrupadas de acordo com o padrão de brotamento e queda de folhas que apresentaram, seguindo a classificação adotada por Morellato et al. (1989) que distingue três padrões principais: 1) decíduo: espécies com queda e produção de folhas concentrada em uma determinada época, ficando por um período quase ou totalmente sem folhas; 2) semidecíduo: espécies com um período de maior intensidade de queda de folhas, não muito concentrado, nunca ficando totalmente sem folhas e apresentando padrões variados de sua produção; 3) perenifólio: espécies que produzem continuamente, ou de forma intermitente, uma pequena quantidade de folhas novas e não mostram queda de folhas concentrada, sendo esta, em geral, imperceptível ou pouco visível.

Seguindo a metodologia proposta por Morellato et al. (2000), foram determinadas para cada espécie as datas de início (mês da primeira ocorrência da fenofase) e de pico (mês em que a fenofase apresentou o maior valor de intensidade de Fournier) de cada fenofase. Em seguida, para cada mês foi contado o número de espécies que apresentou início ou pico de cada uma das seis fenofases. Isto foi feito para cada ano e posteriormente foi calculada a média para os três anos. Espécies que apresentaram fenofases contínuas ou intermitentes, em que o início ou o pico não puderam ser determinados, foram excluídas desta contagem. Quando o pico de intensidade ocorreu em dois ou mais meses consecutivos para uma espécie, em determinado ano, foi calculada a média.

Análise dos Dados

Os resultados foram analisados para a comunidade como um todo e para espécies agrupadas por síndrome de dispersão de diásporos (zoocoria, anemocoria e autocoria). Foram expressos em fenogramas como a porcentagem de espécies e de indivíduos (índice de atividade) apresentando determinada fenofase por mês e como a porcentagem de intensidade de cada fenofase por mês (percentual de intensidade de Fournier), descritos a seguir.

Índice de atividade (ou porcentagem de indivíduos) – Registra somente a presença ou ausência da fenofase no indivíduo, não estimando intensidade ou quantidade. Em nível individual, este método tem caráter qualitativo. Em nível populacional, tem caráter quantitativo, indicando a porcentagem de indivíduos amostrados que está manifestando determinado evento fenológico (Bencke e Morellato, 2002).

Percentual de intensidade de Fournier – Neste método, descrito anteriormente e proposto por Fournier (1974), os valores obtidos em campo através de uma escala intervalar semi-quantitativa (0 a 4) permitem calcular a porcentagem de intensidade da fenofase (o quanto a comunidade esta expressando uma fenofase do que potencialmente poderia expressar). Foi calculado da seguinte forma: em cada mês, faz-se a soma dos valores de intensidade obtidos para todos os indivíduos de cada espécie e divide-se pelo valor máximo possível (número de indivíduos multiplicados por quatro). A proporção obtida é multiplicada por 100 para transformá-la em um valor percentual (Bencke e Morellato, 2002)

Teste de sazonalidade – Para testar a ocorrência de sazonalidade nas fenofases foi utilizada a estatística circular e o teste de Rayleigh (z) (Zar 1999, Morellato et al. 2000, Morellato et al 2010). Para tanto, utilizou-se a frequência de ocorrência do evento fenológico (porcentagem de espécies apresentando cada fenofase por mês) para cada ano de observação. Os meses foram convertidos em ângulos, sendo 15° = janeiro, sucessivamente até 345° = dezembro, em intervalos de 30° , e foram calculados o ângulo médio, o desvio padrão angular e comprimento do vetor r. Em seguida foi testada a significância do ângulo pelo teste de Rayleigh (z) para a

distribuição circular. O ângulo médio (μ), quando significativo, foi convertido em data média, para cada fenofase. As hipóteses testadas foram: H_0 = as datas estão distribuídas uniformemente ao redor do ano, ou seja, não há sazonalidade; H_1 = as datas não estão distribuídas uniformemente ao redor do ano, há um ângulo médio ou data média significativa e, conseqüentemente, há sazonalidade. Se H_1 for aceita, ou seja, se o ângulo médio é significativo, a intensidade da concentração em torno do ângulo médio, representada por r , pode ser considerada uma medida do grau ou intensidade da sazonalidade. O vetor r não apresenta unidade e pode variar de 0 (não sazonal) a 1 (altamente sazonal), indicando a intensidade da concentração de espécies em cada evento fenológico numa época do ano (Morellato et al. 2000, Morellato et al 2010).

Correlações com os fatores abióticos – Para avaliar se houve relação entre as variáveis abióticas e as fenofases foi utilizado o coeficiente de correlação de Serman (r_s) que é recomendado para dados que não apresentam uma distribuição normal (Zar 1999). Foram calculadas correlações entre a porcentagem de espécies em cada uma das seis fenofases em relação ao fotoperíodo médio mensal, à precipitação total mensal e à temperatura média mensal do período de estudo (Fig. 3), considerando os 36 meses contínuos ($N = 36$), chamadas de correlações com o período atual, ou com o período de estudo. Estas correlações entre as fenofases e as variáveis do período de estudo também foram feitas para cada ano separado, formando sequências de 12 meses ($N = 12$), chamadas de correlações ano a ano. Também foram calculadas correlações entre a porcentagem de espécies apresentando cada fenofase e as médias mensais de precipitação e temperatura para um período de 33 anos, obtidas a partir da série histórica de 1976 a 2009 (Fig. 2), a fim de avaliar se as correlações com as médias históricas diferem daquelas obtidas para o período de estudo, tendo em vista que a precipitação e temperatura do período estudado apresentaram variações em relação às médias históricas. Estas correlações foram chamadas de correlações com o clima médio e também foram feitas considerando os 36 meses contínuos somente, repetindo-se os dados médios de 12 meses três vezes.

Para cada modo de dispersão de diásporos também foram feitas correlações entre a proporção de espécies apresentando frutos maduros e as variáveis abióticas do período de estudo e também com o clima médio ($N = 36$).

Ainda, para a comunidade como um todo, foram realizadas correlações entre as seis fenofases e as variáveis abióticas (do período de estudo e o clima médio), de um mês anterior às observações (N = 36).

Comparações entre anos – Para determinar se houve diferença na quantidade de espécies em atividade fenológica para cada fenofase entre os anos foi aplicado o teste Kruskal-Wallis (H) (Zar 1999). Para isso foi utilizada a porcentagem de espécies em atividade fenológica para cada fenofase em cada mês formando seqüências de 12 meses ou um ano e comparando-as entre si. O teste Kruskal-Wallis (H) também foi aplicado para a comparação entre os anos da proporção de espécies com frutos maduros para cada síndrome de dispersão, separadamente, a fim de verificar se houve diferença dentro de cada grupo de um ano para outro.

RESULTADOS

Foram amostradas 60 espécies pertencentes a 22 famílias, totalizando 568 indivíduos. As épocas de ocorrência de cada fenofase para cada espécie, bem como outras informações sobre as mesmas, podem ser visualizadas na Tabela 1.

Tabela 1 -Dados fenológicos para as espécies arbóreas monitoradas de out/2007 a set/2010 na floresta estacional semidecidual do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. N – nº de indivíduos amostrados, P – padrão de queda e produção de folhas, D – decíduo, P – perenifólio, S – semidecíduo, SD – síndrome de dispersão, ZO – zoocoria, AN – anemocoria, AU – autocoria; — = fenofase não observada. A época de ocorrência de cada fenofase, indicada pelos intervalos mensais, corresponde ao início e término do período em que ela foi observada em cada espécie (ou população), considerando os três anos de estudo.

FAMÍLIA / ESPÉCIE	N	P	SD	Floração		Frutificação		Mudança foliar	
				Botão	Antese	Fruto imaturo	Dispersão	Brotamento	Abscisão
ANACARDIACEAE									
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	1 2	S	AN	ago - out	set - out	—	—	ago - mar	ago - nov; fev - mar
ANNONACEAE									
<i>Annona cacans</i> Warm.	8	S	ZO	ago - out	set - out	out - fev	jan - mar	ago - mar	fev - out
<i>Rollinia sylvatica</i> (A. St.-Hil.) Martius	3	S	ZO	ago - set; jan	set - nov; jan	nov - jan	fev - mar	ago - mar	jun - set
APOCYNACEAE									
<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll. Arg.	1 2	S	AN	out	nov - dez	dez - ago	ago - set	set - mai	mar - dez
<i>Rauvolfia sellowii</i> Mull. Arg	6	S	ZO	jul - set	set - out	out - fev	jan - mai	jul - abr	dez - ago
<i>Tabernaemontana catharinensis</i> A. DC.	5	S	ZO	set - out	set - out	nov - abr	jan - jun	ago - mar	mar - out
ARECACEAE									
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	1 4	P	ZO	ago - dez	ago - jan	set - abr	nov - mai	—	—
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	1 2	P	ZO	jul - abr	jul - abr	jan - dez	jan - dez	—	—
BORAGINACEAE									
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	9	S	AN	fev - abr	abr - mai	mai - jul	mai - set	jul - mar	fev - set
CARICACEAE									
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	9	S	ZO	set - nov	set - nov	out - fev	fev - mar	ago - mar	mar - set
EUPHORBIACEAE									
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll. Arg.	1 2	P	AU	ago - set	ago - set	set	out - nov	jul - set	jun - set
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	7	S	ZO	mar - jun	mai - jul	jun - ago	ago - out	set - abr	jul - nov
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	1 0	S	ZO	nov; jan - abr	dez; mar - mai	jan; abr - jun	dez - fev	ago - abr	abr - dez
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	1 2	S	AU	set - nov; fev	out - dez; fev	nov - jan; mar	dez - fev; abr	set - mai	jan - dez
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp.	1 0	P	ZO	jun - ago	jul - ago	ago - nov	nov - dez	jul - abr	jan - dez
FABACEAE									

<i>Acacia polyphylla</i> DC.	3	S	AU	dez - jan	jan - mar	mar - jul	jul - ago	jul - mar	jul - set
<i>Albizia</i> sp.	2	S	AU	set - nov	nov - jan	dez - jul	abr - ago	ago - jan	mar - set
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	6	S	AU	nov - jan	nov - jan	jan - set	ago - nov	set - fev	jun - out
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	4	S	AN	jan - mar	fev - abr	mar - jul	ago	set - mar	mai - out
<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	1 5	S	ZO	ago - set	ago - out	set - mar	jan - mar	jul - jan	mai - set
<i>Inga marginata</i> Kunth	1 5	P	ZO	out - fev; jun - jul	out - nov; jan - mar; jul	dez - abr	jan; mar - abr	jun - mar	jun - nov
<i>Inga</i> sp.	1 4	S	ZO	jun - set	jun - out	out - dez	dez - jan	jan - dez	jan - dez
<i>Lonchocarpus campestris</i> Benth.	7	D	AN	nov - dez	dez	dez - mai	mai - jul	out - mar	abr - nov
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl.	1 1	D	AN	set - nov	out - dez	nov - jul	mai - ago	set - mar	mai - out fev - mar; mai - nov
<i>Machaerium minutiflorum</i> Tul.	4	S	AN	jul - out	set	—	—	ago - mar	—
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	2	S	AN	nov	dez	jan - abr	mar - jul	ago - mar	fev - out
<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	3	S	AN	nov	dez	jan - abr	mai - jul	ago - mar	mai - set
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	5	S	AU	set - out	set - nov	out - jul	jun - set	ago - abr	fev - set
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	1 0	D	AN	—	—	—	—	jan - dez	jan - out
LAURACEAE									
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	2 3	P	ZO	mai - set	jul - out	set - dez	dez - fev	jul - mar	jan - dez
<i>Ocotea elegans</i> Mez	4	P	ZO	ago - out	set - out dez -	out - jan	jan - fev	out - mar	jan - dez
<i>Ocotea indecora</i> (Schott) Mez	8	P	ZO	dez; mai	jan; jun - jul	out - jan	dez - abr	ago - mar	jun - set
MALVACEAE									
<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna	3	D	AN	fev - abr	fev - abr	—	—	jul - fev	mar - set
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	1 4	S	AN	abr - jun	jun - jul	jul - ago	ago - dez	set - abr	abr - set
MELASTOMATACEAE									
<i>Miconia discolor</i> DC.	7	P	ZO	mar - set	ago - nov	set - mai	jan - jun	ago - mai	jun - set
MELIACEAE									
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	1 3	P	ZO	jul - set	ago - out	jan - dez	jul - fev	jul - dez	abr - dez
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	1 0	D	AN	ago - out	set - out	out - jul	abr - ago	jul - out	fev - jul
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss	2	P	ZO	jul -	set -	dez -	ago - dez	ago - dez	jan - out

	0			dez	dez	set			
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	1	P	ZO	ago - out	out - nov	dez - ago	jul - set	ago - mar	jul - set
<i>Trichilia casaretti</i> C. DC.	1	P	ZO	set - dez	nov - dez	dez - jul	abr - set	jul - mar	mar - out
	4			jan - abr;	jan - abr;	fev - mar;			
<i>Trichilia catigua</i> A. Juss	1	P	ZO	set - nov	out	out - nov	—	ago - mar	jun - set
	2								
<i>Trichilia clausenii</i> C. DC.	1	P	ZO	jul - set	ago - out	set - abr	jan - mai	jul - out	jul - set
	0								
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss	1	P	ZO	ago - out	out - nov	nov - abr	abr - ago	jul - out	jun - set
	1								
<i>Trichilia pallens</i> C. DC.	1	P	ZO	ago - nov	set - dez	out - ago	ago - nov	jul - mar	mai - set
	9								
<i>Trichilia pallida</i> Sw.	1	S	ZO	jan - abr	fev - mai	fev - out	jul - fev	jul - abr	fev - nov
	2								
MORACEAE									
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger, Lanj. & de Boer	2	P	ZO	ago	ago - set	ago - nov	out - nov	jan - mar; ago - set	jan - dez
	0								
MYRTACEAE									
<i>Eugenia ramboi</i> D. Legrand	9	P	ZO	out	out - dez	jan	fev	set - mar	mai - set
<i>Plinia rivularis</i> (Cambess.) Rotman	6	S	ZO	mar - jun; set - dez	mar - abr; jun; set; dez - fev;	jan - abr; jun - set	abr - jun; jul - out	ago - mai	abr - set
Myrtaceae	6	P	ZO	jun - ago	jul - ago	set	out	jul - out	jun - set
NYCTAGINACEAE									
<i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd.	1	S	AN	nov - jan; abr	dez - fev; abr	jan - jun	mar - set	ago - mar	abr - out
	2								
<i>Pisonia ambigua</i> Heimerl	8	S	AN	dez - ago	jun - set	jun - set	set - nov	jul - abr	abr - set
PHYTOLACCACEAE									
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	9	S	AN	jan - mar	mar - abr	abr - jun	jul - set	set - mar	mai - nov
PICRAMNIACEAE									
<i>Picramnia ramiflora</i> Planch	1	P	ZO	ago - nov	ago - nov	set - nov	nov - fev	ago - mar	jun - set
	7								
RHAMNACEAE									
<i>Colubrina glandulosa</i> G. Perkins	1	S	AU	out - mar	jan - abr	mar - ago	jul - nov	ago - mar	abr - out
	0								
ROSACEAE									
<i>Prunus sellowii</i> Koehne	1	P	ZO	jun - jul; set	jun - set	jul - nov	out - dez	ago - mai	jun - jan
	0								
RUTACEAE									
<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	1	S	AN	ago - out	set - nov	nov - jul	mai - set	jul - fev	mai - set
	0								
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg	2	S	ZO	fev - ago	ago - out	—	—	set - mar	jun - nov
SAPINDACEAE									
<i>Allophylus guaraniticus</i> (A.St.-Hil.) Radlk.	1	P	ZO	ago	ago	—	—	jul - set; dez - jan; mar	abr - ago

SOLANACEAE

<i>Solanum argenteum</i> Dunal	1 0	P	ZO	jan - dez	jan - dez	fev - out	—	jan - dez	jan - dez
--------------------------------	--------	---	----	--------------	--------------	--------------	---	-----------	-----------

URTICACEAE

<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	5	P	ZO	abr - nov	mai - dez	jun - dez	nov - jan	jan - dez	jan - dez
-------------------------------------	---	---	----	--------------	--------------	--------------	-----------	-----------	-----------

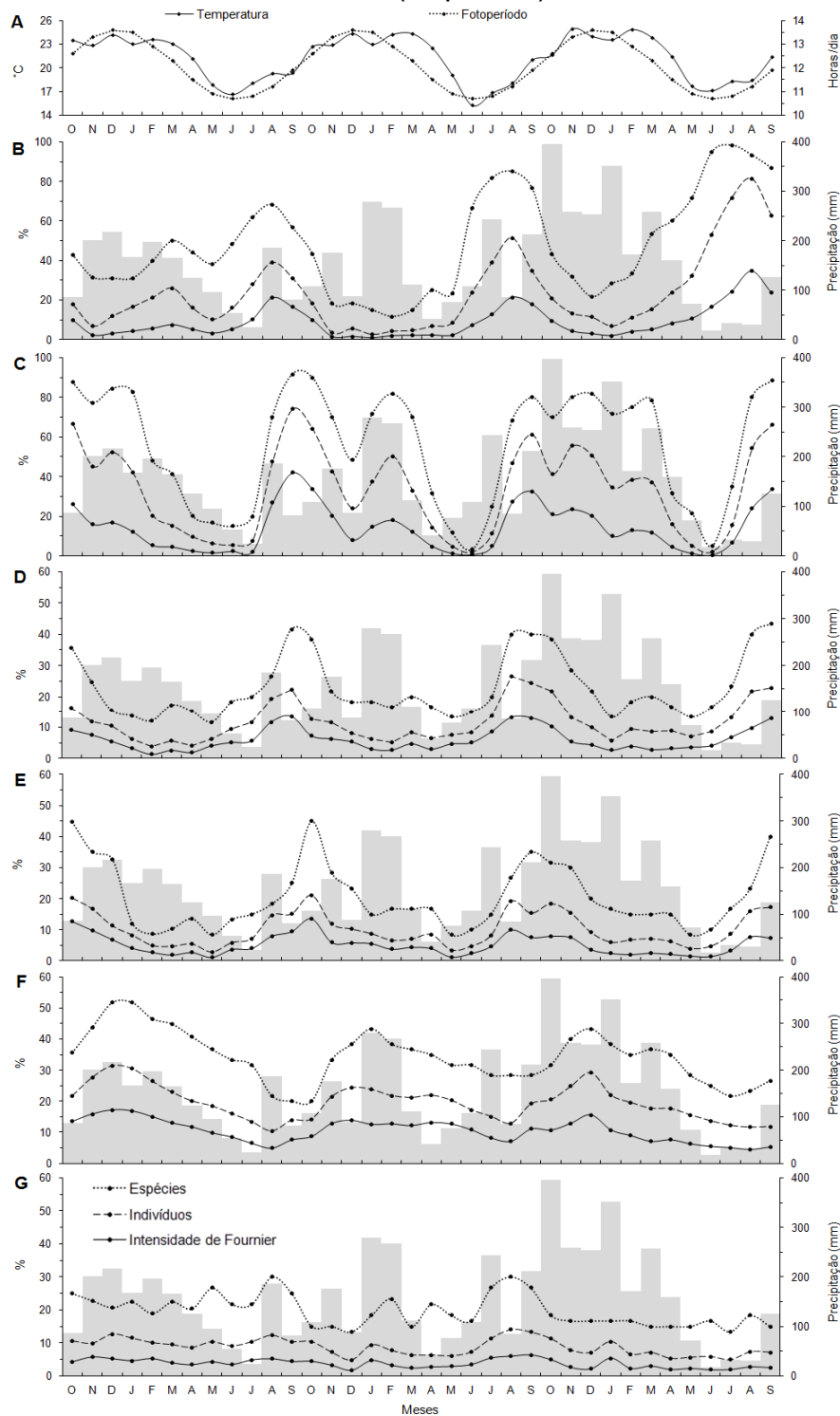
Queda foliar e brotamento

Foram observadas espécies apresentando queda foliar ao longo de todo o período de estudo, mas foi ao fim da estação seca e no período de transição desta para a estação úmida (setembro-outubro), em todos os anos, que ocorreram as maiores proporções de espécies e picos de atividade e intensidade para esta fenofase, entre os meses de junho a outubro, especialmente em agosto (Fig. 4B).

As maiores proporções de espécies apresentando brotamento, e os picos de intensidade e atividade para esta fenofase ocorreram principalmente entre os meses de agosto a novembro, em todos os anos, mas picos menores também puderam ser observados a cada ano em dezembro ou fevereiro (Fig. 4C). Muitas espécies brotaram com maior intensidade em setembro, depois continuaram a brotar com menores intensidades nos meses seguintes da estação úmida, ou apresentaram brotamentos recorrentes em alguns meses, também com baixa intensidade, o que explica os picos menores nas curvas fenológicas observados ao longo desta estação (Fig. 4C).

Das 60 espécies estudadas, apenas 5% apresentaram um padrão decíduo, permanecendo pelo menos um mês totalmente sem folhas, período seguido de intenso brotamento. O padrão mais comum foi o semidecíduo, com 50% das espécies, no qual a queda total ou parcial de folhas e o brotamento foram seqüenciais e com sobreposição. As demais espécies (42%) apresentaram padrão perenifólio, com a queda de folhas, em geral, ocorrendo em baixas intensidades ao longo do ano, mas principalmente nos meses mais secos para a maioria das espécies, embora com brotamento geralmente mais intenso e visível em alguns meses do ano.

Figura4 - Variáveis climáticas, fotoperíodo e fenologia de uma comunidade arbórea da floresta estacional semidecidual do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil, registrados para o período de outubro de 2007 a setembro de 2010. A – Distribuição das médias mensais de temperatura e fotoperíodo. B–G: Distribuição da precipitação total mensal (barras) e fenogramas com as porcentagens de espécies, indivíduos e intensidade de Fournier para cada fenofase por mês. B – queda de folhas; C – brotamento de folhas; D – botões florais; E – flores (antese); F – frutos imaturos; G – frutos maduros (dispersão);



Em média, a maioria das espécies iniciou o brotamento entre os meses de julho e setembro (Fig. 5; 50 espécies no total, somando-se estes meses), principalmente em agosto (28 espécies), praticamente à mesma época em que ocorreram as maiores proporções de espécies e intensidade de abscisão foliar (Fig. 4B), sendo evidente a mudança de aspecto da vegetação neste período do ano. Um maior número de espécies, em média, apresentou a data de pico de brotamento entre os meses de agosto a novembro (Fig. 6), especialmente em setembro (20 espécies).

A abscisão foliar foi a fenofase em que as espécies apresentaram maior variação na data de início entre os anos, mas o início ocorreu predominantemente entre os meses de março a agosto para a maior parte das espécies (Fig. 5). A maioria, no entanto, apresentou a data de pico para esta fenofase entre os meses de agosto e setembro, em média, com pouca variação entre os anos (Fig. 6; 38 espécies no total, somando-se estes meses).

Figura 5 – Número de espécies (média \pm desvio padrão) em início de cada fenofase por mês para a comunidade arbórea da floresta estacional semidecidual do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil.

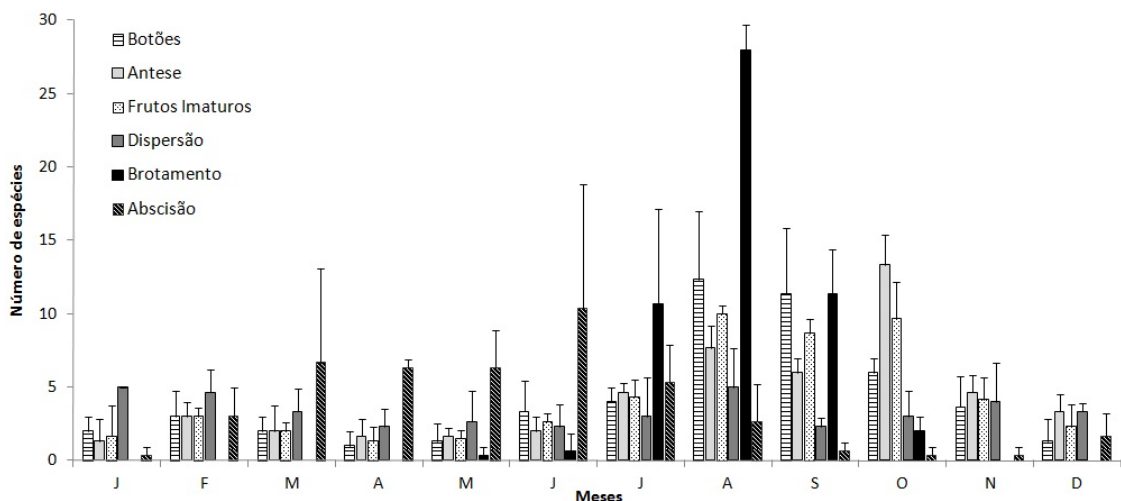
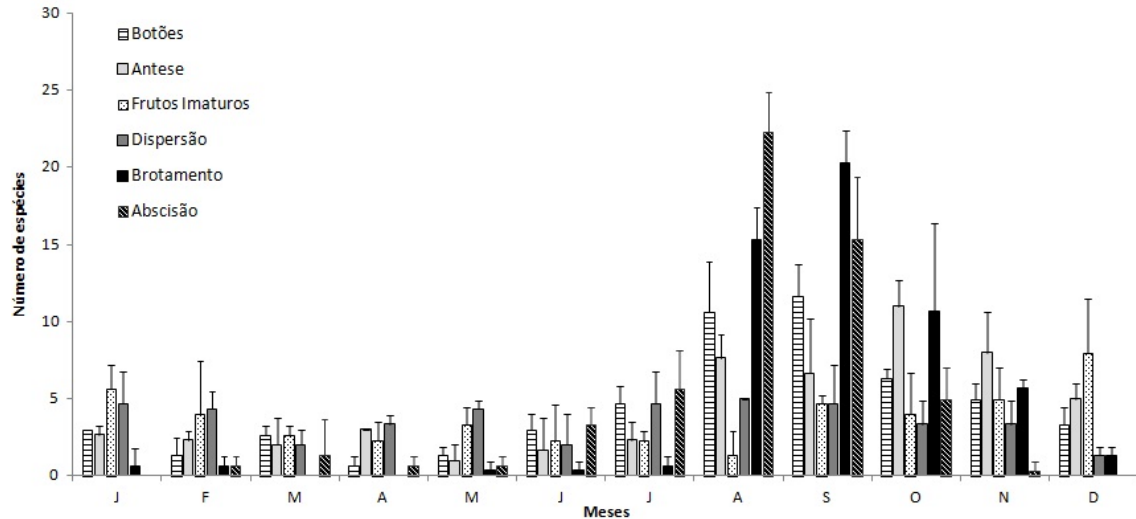


Figura 6 – Número de espécies (média \pm desvio padrão) que apresentou o pico de intensidade para cada fenofase por mês, para a comunidade arbórea da floresta estacional semidecidual do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil.



Os testes de sazonalidade mostraram que os padrões encontrados para ambas as fenofases são sazonais, embora não tenham apresentado forte sazonalidade, como evidenciado pela baixa concentração das espécies (valores de r menores que 0.5) em torno da data média (Tabela 2). As datas médias de brotamento ocorreram em novembro, em todos os anos de estudo, e variaram entre julho e agosto para a queda foliar entre os anos (Tabela 2).

A queda foliar apresentou correlações negativas com o fotoperíodo e variáveis climáticas do período de estudo (Tabela 3A), e também com as médias históricas de precipitação e temperatura (Tabela 3B). Nas correlações ano a ano, esta fenofase também esteve correlacionada negativamente com a temperatura no segundo e terceiro ano, com a precipitação no terceiro ano, e com o fotoperíodo nos três anos estudados (Tabela 3C). Esteve negativamente correlacionada também ao fotoperíodo e às variáveis climáticas do período de estudo, e ao clima médio, de um mês anterior à ocorrência da fenofase (Tabela 4).

O brotamento de folhas apresentou correlações positivas com o fotoperíodo e as variáveis climáticas do período de estudo (Tabela 3A), e também com as médias históricas de precipitação e temperatura (Tabela 3B). Quando se consideram as correlações ano a ano, a produção de folhas também esteve correlacionada positivamente com a temperatura no primeiro e no terceiro ano, e com o fotoperíodo nos três anos (Tabela 3C). Também esteve positivamente

correlacionado ao fotoperíodo de um mês anterior à ocorrência da fenofase (Tabela 4).

Não houve diferença na porcentagem de espécies apresentando brotamento ($H = 0,439$; $p = 0,803$) ou queda de folhas ($H = 4,299$; $p = 0,117$) entre os três anos.

Tabela 2 – Análise circular para a observação de possível sazonalidade das seis fenofases para cada ano em uma comunidade arbórea da floresta estacional semidecidual do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. O teste de Rayleigh foi aplicado para avaliar a significância do ângulo médio (μ) ou data média (omitida quando não significativa). Ano 1 = out./2007 à set./2008. Ano 2 = out./2008 à set./2009. Ano 3 = out/2009 à set/2010.

ANO 1	Botões florais	Flores	Frutos imaturos	Frutos maduros	Brotamento	Queda foliar
Data média	23/setembro	26/outubro	3/fevereiro	—	14/novembro	21/julho
Ângulo médio (μ)	261,137°	293,699°	32,657°	228,324°	312,301°	199,014°
Comprimento do vetor (r)	0.263	0.354	0.171	0.060	0.364	0.143
Desvio padrão angular	93,636°	82,628°	107,747°	135,712°	81,422°	113,096°
Teste de Rayleigh (Z)	17576.000	29616.000	13423.000	1017.000	86933.000	11053.000
Teste de Rayleigh (p)	0.000	0.000	0.000	0.362	0.000	0.000
ANO 2	Botões florais	Flores	Frutos imaturos	Frutos maduros	Brotamento	Queda foliar
Data média	23/setembro	19/outubro	21/fevereiro	—	28/novembro	7/agosto
Ângulo médio (μ)	262,224°	287,845°	50,251°	200,038°	327,684°	216,055°
Comprimento do vetor (r)	0.233	0.285	0.107	0.110	0.279	0.466
Desvio padrão angular	97,756°	90,74°	121,14°	120,354°	91,498°	70,853°
Teste de Rayleigh (Z)	15129.000	20925.000	4486.000	2.91	50898.000	104018.000
Teste de Rayleigh (p)	0.000	0.000	0.011	0.054	0.000	0.000
ANO 3	Botões florais	Flores	Frutos imaturos	Frutos maduros	Brotamento	Queda foliar
Data média	23/setembro	16/outubro	14/janeiro	—	27/novembro	9/julho
Ângulo médio (μ)	261,922°	285,199°	13,128°	323,313°	326,815°	187,641°
Comprimento do vetor (r)	0.254	0.279	0.139	0.035	0.260	0.316
Desvio padrão angular	94,88°	91,574°	113,767°	148,507°	94,007°	86,911°
Teste de Rayleigh (Z)	18813.000	18812.000	7468.000	0.235	48.710	71719.000
Teste de Rayleigh (p)	0.000	0.000	0.001	0.791	0.000	0.000

Tabela 3 – Correlações de Spearman entre as fenofases e as variáveis climáticas e o fotoperíodo em uma comunidade arbórea da floresta estacional semidecidual do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. A – Correlações entre as fenofases e o fotoperíodo médio mensal (FMM), a precipitação total mensal (PTM) e a temperatura média mensal (TMM) do período de estudo (N=36). B – Correlações entre as fenofases e as médias históricas de precipitação (PMH) e temperatura (TMH) de um período de 33 anos (N=36). C – Correlações para cada ano (N=12) entre as fenofases e o FMM, a PTM e a TMM do período de estudo. Ano 1 = out./2007 à set./2008. Ano 2 = out./2008 à set./2009. Ano 3 = out/2009 à set/2010. Números em negrito indicam correlações significativas ($p \leq 0,05$).

		Botões		Flores		Frutos Imaturos		Frutos Maduros		Brotamento		Queda Foliar	
A		r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
TMM		0.003	0.987	0.338	0.044	0.647	< 0.0001	-0.249	0.144	0.587	0.000	-0.695	< 0.0001
PTM		0.011	0.948	0.242	0.156	0.498	0.002	0.057	0.741	0.422	0.010	-0.417	0.011
FMM		0.035	0.838	0.436	0.008	0.657	< 0.0001	-0.151	0.378	0.667	< 0.0001	-0.706	< 0.0001
B		r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
TMH		-0.147	0.391	0.196	0.251	0.727	< 0.0001	-0.141	0.414	0.562	0.000	-0.719	< 0.0001
PMH		-0.191	0.263	0.200	0.242	0.692	< 0.0001	-0.206	0.228	0.534	0.001	-0.756	< 0.0001
C	ANO	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
TMM	1	-0.130	0.688	0.228	0.477	0.711	0.010	-0.359	0.252	0.631	0.028	-0.525	0.080
	2	0.021	0.948	0.286	0.367	0.699	0.011	-0.559	0.059	0.553	0.062	-0.837	0.001
	3	0.153	0.635	0.350	0.265	0.826	0.001	0.263	0.408	0.607	0.036	-0.848	0.001
PTM	1	-0.287	0.366	0.084	0.795	0.687	0.014	-0.144	0.655	0.350	0.265	-0.560	0.058
	2	0.229	0.474	0.042	0.896	0.226	0.480	0.131	0.686	0.543	0.068	-0.326	0.301
	3	0.007	0.983	0.367	0.241	0.767	0.004	0.274	0.389	0.287	0.365	-0.832	0.001
FMM	1	-0.126	0.697	0.280	0.379	0.753	0.005	-0.193	0.547	0.713	0.009	-0.711	0.010
	2	0.183	0.569	0.448	0.144	0.597	0.040	-0.502	0.096	0.641	0.025	-0.688	0.013
	3	0.056	0.862	0.413	0.182	0.876	0.000	0.374	0.231	0.595	0.041	-0.958	< 0.0001

Tabela 4 – Correlações de Spearman entre as fenofases e as variáveis climáticas e o fotoperíodo de um mês anterior à ocorrência das fenofases, em uma comunidade arbórea da floresta estacional semidecidual do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. A – Correlações entre as fenofases e o fotoperíodo médio mensal (FMM), a precipitação total mensal (PTM) e a temperatura média mensal (TMM) do período de estudo (N=36). B – Correlações entre as fenofases e as médias históricas de precipitação (PMH) e temperatura (TMH) de um período de 33 anos (N=36).

	Botões		Flores		Frutos Imaturos		Frutos Maduros		Brotamento		Queda Foliar	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
A												
TM	-0.358	0.03	-	0.62	0.7	<	-	0.18	0.269	0.11	-	<
M		2	0.085	1	36	0.000	0.22	8		3	0.71	0.000
						1	5				2	1
PTM	-0.137	0.42	0.081	0.63	0.5	0.000	0.00	0.97	0.314	0.06	-	<
		7		7	57		6	3		2	0.49	0.002
											9	
FM	-0.389	0.01	-	0.90	0.8	<	-	0.21	0.368	0.0	-	<
M		9	0.021	5	11	0.000	0.21	4		27	0.79	0.000
						1	2				2	1
B												
PM						<	-	0.14	0.162	0.34	-	<
H	-0.474	0.00	-	0.32	0.8	0.000	0.24	9		5	0.73	0.000
		4	0.171	0	10		5				4	1
TM						<	-	0.20	0.197	0.25	-	<
H	-0.484	0.00	-	0.23	0.7	0.000	0.21	7		0	0.70	0.000
		3	0.205	1	66		5				6	1

Floração

A produção de botões florais e a presença de flores (antese) foram observadas ao longo do ano, durante os três anos de estudo (Fig. 4D, E). As maiores proporções de espécies, e os picos de intensidade e atividade foram observados entre os meses de agosto e outubro para a fenofase botões florais (Fig. 4D), e entre setembro e novembro para a antese (Fig. 4E), em todos os anos.

A maior parte das espécies iniciou a produção de botões florais ao fim da estação seca, em agosto e setembro (Fig. 5; 24 espécies no total, somando-se estes meses). O pico de intensidade desta fenofase também ocorreu nestes meses para a maioria das espécies (Fig. 6). Um maior número de espécies foi observado iniciando a antese, no mês de outubro (Fig. 5). Em média, a maior parte das espécies apresentou o pico de intensidade na antese durante a estação úmida (Fig. 6; 31 espécies, somando-se os meses de outubro a março) do que na estação seca (Fig. 6; 22 espécies, somando-se os meses de abril a setembro).

Os testes de sazonalidade mostraram que o ritmo fenológico foi pouco sazonal para ambas as fenofases, que apresentaram datas médias de

ocorrência nos meses de setembro e outubro, respectivamente (Tabela 2), em todos os anos.

A porcentagem de espécies em antese apresentou correlações positivas apenas com o fotoperíodo e a temperatura do período de estudo (Tabela 3A). Já a porcentagem de espécies apresentando botões florais, esteve negativamente correlacionada somente com o fotoperíodo e a temperatura do período de estudo, e ao clima médio, de um mês anterior à ocorrência da fenofase (Tabela 4).

Não houve diferença na porcentagem de espécies apresentando botões ($H = 0,984$; $p = 0,611$) ou flores ($H = 0,584$; $p = 0,747$) entre os três anos.

Frutificação

Foram observadas espécies apresentando frutos imaturos ao longo de todo o período estudado, com maiores proporções de espécies e picos de intensidade e atividade no período de novembro a fevereiro (Fig. 4F), logo após o pico na antese. O teste de sazonalidade indicou que o ritmo desta fenofase foi pouco sazonal para os três anos de estudo, com a data média de produção ocorrendo em fevereiro nos dois primeiros anos e em janeiro no terceiro ano (Tabela 2), em meados da estação mais úmida e quente. Correlações positivas foram encontradas entre esta fenofase e todas as variáveis consideradas do mês de ocorrência das fenofases (Tabela 3) e de um mês anterior (Tabela 4).

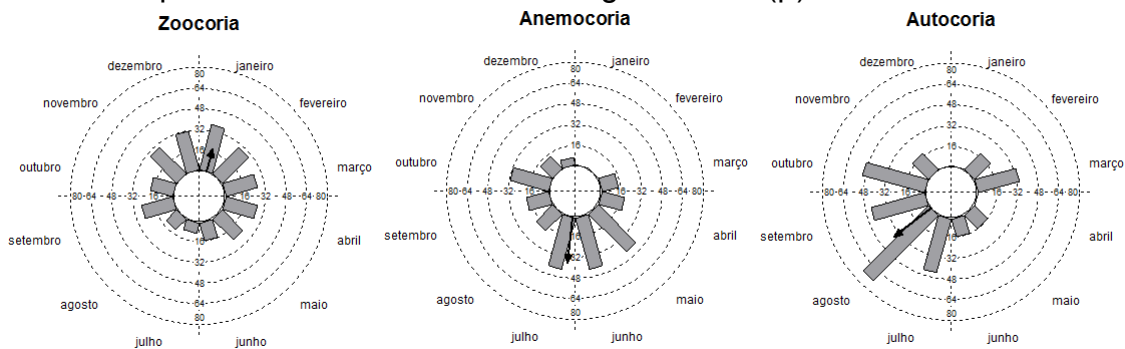
Não houve diferença na proporção de espécies apresentando frutos imaturos ($H = 3,573$; $p = 0,168$) entre os três anos.

Já a dispersão ocorreu continuamente sem grandes variações na proporção de espécies, intensidade e atividade ao longo dos três anos (Fig. 4G). Houve diferença na proporção de espécies apresentando frutos maduros entre o primeiro e o terceiro ano ($H = 16,542$; $p = 0,0001$), com este último apresentando as menores proporções. Não houve correlação entre esta fenofase e às variáveis climáticas (Tabela 3). A maioria das espécies são zoocóricas (60%), seguidas pelas anemocóricas (28%) e autocóricas (12%).

Considerando a comunidade, a dispersão não apresentou sazonalidade (Tabela 2). Entretanto, quando se considera esta fenofase com as

espécies separadas por síndrome de dispersão (exemplo de um ano na Fig. 7), o teste de sazonalidade mostrou que os grupos são sazonais (Tabela 5).

Figura 7 – Histogramas circulares com a distribuição anual das porcentagens de espécies apresentando frutos maduros (barras), por síndrome de dispersão, para o primeiro ano de estudo (out/2007 a set/2008), para a comunidade arbórea da floresta estacional semidecidual do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. A seta em negrito representa o vetor r e indica o ângulo médio (μ).



As espécies zoocóricas, no entanto, apresentaram padrão pouco sazonal na dispersão no primeiro e terceiro anos de estudo, com a data média ocorrendo em meados da estação úmida ao final de janeiro, e um padrão não sazonal no segundo ano (Tabela 5). Em todos os meses do ano puderam ser observadas algumas espécies zoocóricas com frutos maduros, nos três anos de estudo (exemplo na Fig. 7). Este grupo de espécies esteve positivamente correlacionado à todas as variáveis consideradas (Tabela 6). Já as espécies anemocóricas e autocóricas apresentaram sazonalidade mais forte na dispersão, com as datas médias de ocorrência variando entre julho e agosto para anemocoria, e entre agosto e setembro para autocoria (Tabela 5), ao fim da estação seca. As porcentagens de espécies destes grupos dispersando seus diásporos foram menores durante a estação úmida (exemplo na Fig. 7). As espécies anemocóricas apresentaram correlações negativas com todas as variáveis consideradas e as autocóricas apresentaram correlações negativas com a temperatura do período de estudo e com o clima médio (Tabela 6).

Houve diferença na proporção de espécies autocóricas com frutos maduros, entre o primeiro e o terceiro ano ($H = 9,042$; $p = 0,036$) e entre o segundo e o terceiro ano ($H = 9,583$; $p = 0,026$), com o terceiro ano apresentando as menores

proporções. As demais síndromes não apresentaram diferenças na proporção de espécies com frutos maduros entre os anos de estudo.

Tabela 5 – Resultados da análise circular para a ocorrência de sazonalidade na fenofase frutos maduros com as espécies agrupadas por síndrome de dispersão, para cada ano, em uma comunidade arbórea da floresta estacional semidecidual do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. O teste de Rayleigh foi aplicado para avaliar a significância do ângulo médio (μ) ou data média (omitida quando não significativa). Ano 1 = out./2007 à set./2008. Ano 2 = out./2008 à set./2009. Ano 3 = out/2009 à set/2010.

Síndrome de Dispersão			
ANO 1	Zoocoria	Anemocoria	Autocoria
Data média	17/janeiro	09/julho	24/agosto
Ângulo médio (μ)	15.882°	186.519°	232.633°
Comprimento do vetor (r)	0.227	0.441	0.446
Desvio padrão angular	98.717°	73.356°	72.837°
Teste de Rayleigh (Z)	13.975	46.593	60
Teste de Rayleigh (p)	0.000	0.000	0.000
ANO 2	Zoocoria	Anemocoria	Autocoria
Data média	–	08/agosto	12/agosto
Ângulo médio (μ)	71.316°	217.256°	220.75°
Comprimento do vetor (r)	0.094	0.511	0.358
Desvio padrão angular	124.533°	66.391°	82.136°
Teste de Rayleigh (Z)	2.371	41.783	38.426
Teste de Rayleigh (p)	0.093	0.000	0.000
ANO 3	Zoocoria	Anemocoria	Autocoria
Data média	17/janeiro	19/julho	22/setembro
Ângulo médio (μ)	18.181°	196.77°	260.516°
Comprimento do vetor (r)	0.208	0.532	0.524
Desvio padrão angular	101.579°	64.407°	65.163°
Teste de Rayleigh (Z)	9.838	43.524	30.998
Teste de Rayleigh (p)	0.000	0.000	0.000

Tabela 6 – Correlações de Spearman (N=36) entre as proporções de espécies apresentando frutos maduros por síndrome de dispersão e as variáveis climáticas e o fotoperíodo em uma comunidade arbórea da floresta estacional semidecidual do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. A – Correlações entre as proporções de espécies e o fotoperíodo médio mensal (FMM), precipitação total mensal (PTM) e temperatura média mensal (TMM) do período de estudo. B – Correlações entre as proporções de espécies e as médias históricas de precipitação (PMH) e temperatura (TMH) de um período de 33 anos. Números em negrito indicam correlações significativas ($p \leq 0,05$).

	Síndrome de dispersão					
	Zoocoria		Anemocoria		Autocoria	
A	r_s	p	r_s	p	r_s	p
TMM	0.552	0.001	-	<	-	0.032
PTM	0.509	0.002	0.519	0.001	0.127	0.462
FMM	0.603	< 0.0001	0.519	0.001	0.281	0.097
B	r_s	p	r_s	p	r_s	p
PMH	0.612	< 0.0001	0.759	< 0.0001	0.358	0.032
TMH	0.701	< 0.0001	0.822	< 0.0001	0.362	0.030

DISCUSSÃO

Queda foliar - A ocorrência sazonal da queda foliar em comunidades arbóreas de florestas tropicais geralmente tem sido associada as variações sazonais na precipitação, com a fenofase ocorrendo no período mais seco do ano, tanto em florestas semidecíduas do sudeste brasileiro (Morellato et al. 1989, Morellato 1991, Rubim et al. 2010), como em outras regiões do mundo (Frankie et al. 1974, Reich e Borchert 1984, Justiniano e Fredericksen 2000). Na região deste estudo, a estação seca é também o período de fotoperíodos mais curtos e de menores temperaturas, o que torna difícil a distinção dos efeitos de cada variável sobre as fenofases, uma vez que estes componentes do clima são correlacionados entre si.

A princípio, as correlações negativas encontradas entre a proporção de espécies em queda foliar e a precipitação, a temperatura e o fotoperíodo sugerem que os decréscimos nestas três variáveis atuam em conjunto como estímulos indutores desta fenofase, conforme observado por outros autores. Matthes (1980), em seu estudo no Bosque dos Jequitibás em Campinas, sugere que a baixa umidade na estação seca e a diminuição do fotoperíodo e temperatura estimulam a

queda de folhas para a maioria das espécies. Morellato et al. (1989) também sugerem que fotoperíodos curtos e baixas temperaturas seriam outros fatores que, associados à seca, induziriam a perda de folhas em dois tipos de floresta da região sudeste. Segundo Longman e Jenik (1987), baixa intensidade luminosa, mudanças de temperatura, redução no fotoperíodo e estresse hídrico são fatores relacionados à senescência e abscisão foliar em plantas tropicais. Ainda segundo estes autores, em florestas tropicais de todos os tipos, o principal valor adaptativo da deciduidade seria o escape ao estresse hídrico durante a estação seca.

No entanto, houve correlações mais fortes e com maior frequência entre a queda de folhas e o fotoperíodo e a temperatura, do que com a precipitação, e é possível que a redução nestas variáveis tenha maior importância para as plantas estudadas na indução desta fenofase. A redução no fotoperíodo a partir do equinócio de outono, em março, e da temperatura, antecipam as mudanças na precipitação e, provavelmente, podem servir como sinais ambientais indutores da senescência e queda foliar, indicando a proximidade do período de maior restrição hídrica, que, em média, ocorre principalmente nos meses de junho a agosto.

Desta forma, para a maioria das espécies estudadas, a abscisão foliar pode ser uma resposta adaptativa prévia das plantas, sinalizada pela redução no fotoperíodo e temperatura, que favoreceria o escape ao estresse hídrico. Supostamente, a variação sazonal na precipitação na região pode ser interpretada, portanto, como uma causa última da periodicidade na queda foliar, ou seja, foi importante em selecionar este padrão, para a comunidade. De fato, o que se observa para a comunidade estudada é que mesmo em anos com chuvas acima da média durante a estação seca, como os dois primeiros anos de estudo, a queda de folhas ocorre na mesma época e com intensidade semelhante a anos em que a estação seca se assemelha à média histórica, como o terceiro ano, o que parece confirmar esta ideia.

Além disso, o fato de o fotoperíodo ser sazonal ao longo do ano, mas não variar entre os anos, somado a pouca variação interanual da temperatura, provavelmente tornam estas variáveis sinais ambientais mais confiáveis para as plantas, servindo melhor como gatilhos em disparar as fenofases, do que as mudanças na precipitação, que apresentam bastante variação na sua distribuição e quantidade de um ano para outro.

Wright e Cornejo (1990) testaram a hipótese de que o estresse hídrico é a causa, ou o sinal próximo, da queda foliar em espécies arbóreas em uma floresta tropical no Panamá aumentando o suprimento de água no solo para as plantas na estação seca por meio de irrigação, e observaram que a maioria das espécies não atrasou a queda de folhas, conforme esperado, e concluíram que o status hídrico da planta não explica sozinho, ou não é a causa próxima da queda de folhas naquela floresta, o que também pode ser válido para a maioria das espécies deste estudo.

A correlação mais fraca entre a queda foliar e a precipitação do período de estudo, e a ausência de correlação da fenofase com esta variável nos dois primeiros anos, provavelmente se devem às chuvas atípicas que ocorreram em meados da estação seca, e ao fato de a queda foliar não acompanhar estas variações climáticas. A forte relação entre a queda foliar e a média histórica de precipitação reforça a idéia de que as espécies estão adaptadas ao clima médio, e que as variações na precipitação de um ano em particular são menos importantes para as plantas.

Outro fator que pode ter contribuído para a indução da abscisão foliar ao longo da estação seca, em conjunto com a redução do fotoperíodo e temperatura, é a idade foliar avançada das folhas (Borchert et al. 2002). As folhas têm uma expectativa de vida finita, que em árvores tropicais variam de menos de seis meses para folhas mais membranáceas, a mais de dois anos para folhas coriáceas (Borchert 1991). A grande maioria das espécies estudadas inicia o brotamento entre os meses de julho e outubro e perdem suas folhas neste mesmo período no ano seguinte, quando tem entre oito e doze meses de idade, estão próximas do fim do seu ciclo de vida e, portanto, são menos eficientes no controle estomático (Borchert 1991). A perda do controle estomático em conjunto com alta demanda evaporativa devido às condições atmosféricas mais secas deste período resultam em declínio no potencial hídrico das folhas que levam à abscisão (Borchert 2000).

Brotamento - A ocorrência do início da produção de folhas para a maioria das espécies, em média, em julho ou agosto, período de maior restrição hídrica considerando a média histórica, e especialmente no terceiro ano de estudo, quando a maior parte iniciou esta fenofase nestes meses (17 e 27 espécies,

respectivamente), antes das chuvas mais pesadas, evidencia que o aumento da precipitação pode ser um fator menos importante para a indução do brotamento nestas espécies. Além disso, as correlações positivas mais fortes desta fenofase com o fotoperíodo e a temperatura, ressaltam a importância destas variáveis como sinais ambientais indutores do brotamento.

As correlações positivas mais fracas encontradas entre o brotamento e a precipitação, tanto do período de estudo quanto a média histórica, e a ausência de correlações ano a ano também parecem confirmar a ideia de que esta variável é menos importante, em termos de comunidade, como fator indutor desta fenofase, embora a elevação na precipitação a partir de setembro-outubro, quando as plantas já estão com folhas novas, possa ser importante para que elas continuem se mantendo bem hidratadas e produzindo folhas ao longo de toda a estação úmida.

Estes resultados diferem dos obtidos por Morellato (1991) que sugerem que a precipitação após período de estresse hídrico foi o principal fator de indução do brotamento para a maioria das espécies arbóreas em uma floresta estacional semidecidual do sudeste brasileiro. No entanto, diversos estudos sugerem que o aumento do fotoperíodo e da temperatura a ele associada possam induzir o brotamento em árvores tropicais (Matthes 1980, Talora e Morellato 2000, Marques e Oliveira 2004, Bollen e Donati 2005). Ainda, segundo Van Schaik et al. 1993, a elevação no fotoperíodo pode ser um sinal confiável para as plantas indicando a proximidade das chuvas ou ainda do período de maior irradiância, no qual a fotossíntese pode ser favorecida, já que as plantas estariam com folhas novas, que acabaram de se expandir e com sua maior área, o que parece ser válido para as espécies estudadas.

Por outro lado, além da elevação do fotoperíodo e temperatura, outro fator pode ter contribuído com a indução do brotamento em algumas espécies estudadas. Neste estudo, a maior parte das espécies iniciou o brotamento em agosto, quando já haviam perdido total ou parcialmente suas folhas. A queda de folhas pode induzir indiretamente o brotamento em algumas espécies, pois a eliminação da perda de água por transpiração e a contínua absorção de reservas do subsolo possibilitariam uma reidratação temporária da planta, o que levaria à quebra de dormência das gemas e a produção de brotos ainda na estação seca (Borchert 2000). Borchert et al. (2002) ressaltam ainda que, para muitas espécies arbóreas, a eliminação, pela abscisão foliar, da inibição correlativa causada pelas folhas velhas

é um pré-requisito para a quebra de dormência vegetativa. A própria queda foliar também pode, portanto, ter servido como estímulo indireto ao brotamento.

Floração - A proximidade temporal entre a floração e o brotamento observada para a comunidade estudada sugere que seja energeticamente mais eficiente transferir recursos diretamente para um órgão em crescimento, que estocá-los para uma translocação posterior (Van Schaik et al. 1993).

O desenvolvimento de botões florais se deu principalmente ao fim da estação seca e foi negativamente correlacionado ao fotoperíodo, à temperatura do período de estudo e ao clima médio, todos do mês anterior à ocorrência da fenofase, o que sugere que os gatilhos ambientais podem se dar bem antes da resposta fenológica apresentada pelas plantas, e que a redução nestas variáveis podem servir em conjunto como estímulo desta fenofase. O declínio no fotoperíodo pode induzir o desenvolvimento de botões florais em muitas espécies arbóreas tropicais (Opler 1976, Rivera e Borchert 2001, Borchert et al. 2004).

As correlações positivas encontradas entre a antese e o fotoperíodo e a temperatura do período de estudo, embora fracas, indicam que esses fatores podem ser importantes na indução desta fenofase. Não houve correlação entre a antese e a precipitação. Estes resultados são similares aos encontrados em florestas tropicais úmidas, em que a floração tende a apresentar sazonalidade menos pronunciada, embora significativa, e com pico de floração (antese) na estação úmida relacionado ao aumento do fotoperíodo e da temperatura (Morellato et al. 2000, Talora e Morellato 2000).

No entanto, apesar de a antese não estar relacionada à precipitação, grande parte das espécies apresentou tanto o início como o pico desta fenofase durante a estação úmida e a precipitação alta a partir de outubro pode ser importante para estas espécies, pois a abertura das flores envolve expansão celular e é, então, sensível ao estresse hídrico (Borchert 1991). Em outras florestas semidecíduas, a variação da precipitação tem sido considerada um fator importante (Opler 1976, Morellato et al. 1989, Morellato e Leitão-Filho 1992, Morellato 1991, Mikich & Silva 2001) e a antese geralmente ocorre na estação úmida ou na transição da estação seca para a úmida quando as primeiras chuvas (Opler 1976) e/ou o aumento do fotoperíodo e da temperatura provavelmente atuam como estímulo indutor (Morellato et al. 1989, Morellato 1991).

A floração durante a estação mais úmida e quente, observada para a maioria das espécies, pode ter como vantagens o aumento na disponibilidade de luz, da quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas (Morellato 1992) e na atividade de animais polinizadores neste período (Morellato 1991, Morellato e Leitão-Filho 1996, Sakai 2001). Para as demais espécies, no entanto, florescer durante a estação mais seca pode também, segundo Janzen (1967), ter suas vantagens: as condições do tempo favorecem a atividade de insetos polinizadores; não há chuvas pesadas que possam causar danos às flores, derrubá-las ou diluir seu néctar; a queda de folhas, mais intensa nesta estação, melhora a visualização das flores por polinizadores e facilita seu vôo.

Frutificação - As maiores proporções de frutos imaturos ocorreram em seguida à floração (antese) e foram observadas principalmente ao longo de toda a estação úmida, onde a elevação na temperatura e precipitação neste período provavelmente favorece a formação e o desenvolvimento dos frutos da maioria das espécies, independente da síndrome de dispersão. As correlações positivas encontradas entre a fenofase e estas variáveis, especialmente com o clima médio, parecem confirmar esta ideia. Isto deve ser válido especialmente para as espécies zoocóricas que apresentam frutos carnosos, nas quais o desenvolvimento dos frutos foi, em geral, mais rápido e restrito a esta estação, em relação às demais espécies.

Em todos os meses do ano foram observadas espécies zoocóricas com frutos maduros, em todos os anos, mas houve uma maior concentração de espécies em meados da estação úmida. Este padrão de frutificação, contínuo em termos de guilda, embora com leve sazonalidade em alguns anos, pode estar associado à manutenção de recursos para a fauna dispersora dos diásporos destas espécies (Snow 1965, Wheelwright 1985) e é semelhante ao encontrado em outras florestas semidecíduas (Morellato et al. 1989; Morellato 1991) ou em floresta atlântica (Talora e Morellato 2000). A elevação da precipitação e temperatura também parece favorecer a maturação dos frutos da maioria das espécies zoocóricas, como demonstrado pelas correlações positivas observadas, especialmente com o clima médio.

Já as espécies anemocóricas dispersaram seus diásporos ao longo da estação seca. Este padrão sazonal de frutificação negativamente relacionado às variáveis consideradas, especialmente ao clima médio, reforça a ideia de que a

dispersão nestas espécies está relacionada a melhores condições para a liberação das sementes (Van Schaik et al. 1993). Durante a estação seca, a menor precipitação, os ventos mais fortes e a menor quantidade de folhas nas copas favorecem a dispersão dos diásporos anemocóricos (Janzen 1967, Frankie et al. 1974, Mathes 1980, Morellato et al. 1989, Morellato 1991, Morellato e Leitão-Filho 1992, Van Schaik et al. 1993).

O padrão de dispersão das espécies autocóricas foi semelhante ao das anemocóricas, sazonal e ocorrendo principalmente ao longo da estação seca, embora algumas espécies tenham apresentado a dispersão na estação úmida. As correlações negativas entre a fenofase e o clima médio, embora fracas, também indicam que a redução na precipitação e temperatura e, conseqüentemente, as condições atmosféricas mais secas, favorecem a maturação dos frutos para a maioria destas espécies.

Os frutos de espécies anemocóricas e autocóricas são em geral do tipo seco, muitos são deiscentes e, ao longo da estação seca, frutos deiscentes sofrem desidratação do pericarpo o que promove sua abertura (Mantovani e Martins 1988). O vento ou a gravidade, respectivamente, completariam então a dispersão, liberando as sementes da planta-mãe. Segundo Janzen (1967), a baixa umidade relativa durante a estação seca seria importante no processo de dessecação que acompanha a maturação dos diásporos destas espécies.

A dispersão de diásporos também pode estar ajustada para ocorrer em períodos ótimos para a germinação das sementes (Van Schaik et al. 1993) e posterior estabelecimento das plântulas. Dispersar no período anterior à estação úmida, ou no início desta, como observado para grande parte das espécies estudadas, pode proporcionar às sementes melhores chances de germinação, devido à maior disponibilidade de água, e as plântulas poderem desenvolver o sistema radicial durante a estação de chuvas antes de serem submetidas ao estresse hídrico da estação seca subsequente (Janzen 1967, Frankie et al. 1974).

Os padrões fenológicos observados para a comunidade arbórea da floresta estacional semidecidual do PEMG foram, em geral, sazonais e bastante previsíveis, com pouca ou nenhuma variação entre os anos de estudo. Tal sazonalidade, embora menos pronunciada do que a observada em outras florestas semidecíduas, provavelmente ocorre em resposta às variações locais que ocorrem ao longo do ano no fotoperíodo, precipitação e temperatura, uma vez que houve

muitas correlações entre a maioria das fenofases e estas variáveis, sobretudo com o fotoperíodo e a temperatura. Em geral, as relações encontradas entre as fenofases e estes dois fatores foram mais frequentes e mais fortes do que com a precipitação do período de estudo. A alta previsibilidade fenológica observada e a forte relação entre algumas fenofases e o clima médio (médias históricas de precipitação e temperatura) sugerem que as variações interanuais na precipitação e temperatura são menos importantes para as plantas estudadas e não provocam grandes alterações no ritmo fenológico desta comunidade de um ano para outro.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) por permitir a realização deste estudo no Parque Estadual Mata dos Godoy (autorização de pesquisa científica nº 172/09) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido na forma de bolsa de mestrado à BBP.

RESUMO

As variações sazonais na precipitação, temperatura e fotoperíodo têm influência sobre a fenologia de plantas tropicais, mas a importância relativa de cada um destes fatores varia de acordo com o ecossistema estudado. Neste estudo a fenologia vegetativa e reprodutiva de 60 espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecidual, localizada no limite sul da zona tropical (23°27' S e 51°15' W), sul do Brasil, foi acompanhada durante três anos e foram analisadas as suas relações com as variáveis ambientais locais (precipitação, temperatura e fotoperíodo). Também foi verificado se os padrões fenológicos encontrados são sazonais e se são similares entre anos consecutivos. O clima da região é subtropical úmido, e não apresenta uma longa estação seca. Os testes de sazonalidade mostraram que a comunidade arbórea apresenta, em geral, padrões fenológicos pouco sazonais, diferente do observado em outras florestas semidecíduas brasileiras. Tal sazonalidade, embora menos pronunciada, provavelmente ocorre em resposta às variações na precipitação temperatura e fotoperíodo, uma vez que houve muitas correlações entre a maioria das fenofases e estas variáveis, sobretudo com o fotoperíodo e a temperatura. Em geral, não houve diferença nas fenofases entre os anos de estudo. Esta previsibilidade fenológica e a forte relação entre algumas fenofases e o clima médio sugerem que as variações interanuais na precipitação e temperatura são menos importantes para as plantas estudadas.

Palavras-chave: Sazonalidade. Árvores tropicais. Fenologia vegetativa. Floração. Frutificação. Fotoperíodo.

REFERÊNCIAS

- BENCKE CSC E MORELLATO LPC. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Rev Bras Bot* 25: 269-275.
- BIANCHINI E, PIMENTA JA E SANTOS FAM. 2001. Spatial and temporal variation in the canopy cover in a tropical semi-deciduous forest. *Braz Arch Biol Technol* 44: 269-276.
- BIANCHINI E, POPOLO RS, DIAS MC E PIMENTA JA. 2003. Diversidade e estrutura de espécies arbóreas em área alagável do município de Londrina, Sul do Brasil. *Acta Bot Bras* 17: 405-419.
- BIANCHINI E, PIMENTA JA E SANTOS FAM. 2006. Fenologia de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engl. (Sapotaceae) em floresta semidecídua do Sul do Brasil. *Rev Bras Bot* 29: 595-602.
- BOLLEN A E DONATI G. 2005. Phenology of the littoral forest of Sainte Luce, southeastern Madagascar. *Biotropica* 37: 32-43.
- BORCHERT R. 1991. Growth periodicity and dormancy. In: RAGHAVENDRA AS (Ed), *Physiology of trees*, New York: J Wiley & Sons, p. 221-245.
- BORCHERT R. 2000. Organismic and environmental controls of bud growth in tropical trees. In: VIÉMONT J-D AND CRABBÉ J (Eds), *Dormancy in plants: from whole plant behavior to cellular control*, Wallingford: CAB International, UK, p. 87-107.
- BORCHERT R, RIVERA G E HAGNAUER W. 2002. Modification of vegetative phenology in a tropical semi-deciduous forest by abnormal drought and rain. *Biotropica* 34: 27-39.
- BORCHERT R, MEYER SA, RICHARD SF E PORTER-BOLLAND L. 2004. Environmental control of flowering periodicity in Costa Rican and Mexican tropical dry forests. *Global Ecol Biogeogr* 13: 409-425.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1999. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412 p.
- FENNER M. 1998. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 1: 78-91.
- FORSYTHE WC, RYKIEL EJ, STAHL RS, WU H E SCHOOLFIELD RM. 1995. A model comparison for daylength as a function of latitude and day of year. *Ecol Model* 80: 87-95.
- FOURNIER LA. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24: 422-423.

- FOURNIER LA E CHARPANTIER C. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba* 25: 45-48.
- FRANKIE GW, BAKER HG E OPLER PA. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *J Ecol* 62: 881-919.
- JANZEN DH. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution* 21: 620-637.
- JUSTINIANO MJ E FREDERICKSEN TS. 2000. Phenology of tree species in Bolivian dry forests. *Biotropica* 32: 276-281.
- KÖPPEN W. 1948. *Climatologia: con um estudio de los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Economica, 479 p.
- LIEBERMAN D. 1982. Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Ghana. *J Ecol* 70: 791-806.
- LIEBSCH D E MIKICH SB. 2009. Fenologia reprodutiva de espécies vegetais da Floresta Ombrófila Mista do Paraná, Brasil. *Rev Bras Bot* 32: 375-391.
- LONGMAN KA E JENIK J. 1987. *Tropical forest and its environment*. New York: Longman Scientific & Technical, 347p.
- MANTOVANI W E MARTINS FR. 1988. Variações fenológicas das espécies do cerrado da Reserva Biológica de Moji Guaçú, Estado de São Paulo. *Rev Bras Bot* 11: 101-112.
- MARQUES MCM E OLIVEIRA PEAM. 2004. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas florestas de restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. *Rev Bras Bot* 27: 713-723.
- MARQUES MCM, ROPER JJ E SALVALAGGIO APB. 2004. Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brasil. *Plant Ecol* 173: 203-213.
- MATTHES LAF. 1980. *Composição florística, estrutura e fenologia de uma floresta residual do planalto paulista: Bosque dos Jequitibás*. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 209 p.
- MIKICH SB E SILVA SM. 2001. Composição florística e fenologia das espécies zoocóricas de remanescentes de floresta estacional semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil. *Acta Bot Bras* 15: 89-113.
- MORELLATO LPC, RODRIGUES RR, LEITÃO-FILHO HF E JOLY CA. 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Rev Bras Bot* 12: 85-98.

- MORELLATO LPC. 1991. Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 203 p.
- MORELLATO LPC E LEITÃO-FILHO HF. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: MORELLATO LPC (Ed), História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil. Campinas: Editora da UNICAMP, p.112-140.
- MORELLATO LPC E LEITÃO-FILHO HF. 1996. Reproductive phenology of climbers in a southeastern brazilian forest. *Biotropica* 28: 180-191.
- MORELLATO LPC, TALORA DC, TAKAHASI A, BENCKE CC, ROMERA EC E ZIPPARRO VB. 2000. Phenology of atlantic rain forest trees: a comparative study. *Biotropica* 32: 811-823.
- MORELLATO LPC, ALBERTI LF E HUDSON IL. 2010. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. In: HUDSON IL E KEATLEY M (Eds), Phenological research: methods for environmental and climate change analysis, Netherlands: Springer, p. 357-371.
- OPLER PA, FRANKIE GW E BAKER HG. 1976. Rainfall as a factor in the release, timing, and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *J Biogeogr* 3: 231-236.
- RAGUSA-NETTO J E SILVA RR. 2007. Canopy phenology of a dry forest in western Brazil. *Braz J Biol* 67: 569-575.
- RATHCKE B E LACEY EP. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annu Rev Ecol Syst* 16: 179-214.
- REICH PB. 1995. Phenology of tropical forests: patterns, causes and consequences. *Can J Bot* 73: 164-174.
- REICH PB E BORCHERT R. 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *J Ecol* 72: 61-74.
- RIVERA G E BORCHERT R. 2001. Induction of flowering in tropical trees by a 30-min reduction in photoperiod: evidence from field observations and herbarium collections. *Tree Physiol* 21: 201-212.
- RIVERA G, ELLIOT S, CALDAS LS, NICOLOSSI G, CORADIN VTR E BORCHERT R. 2002. Increasing day-length induces spring flushing of tropical dry forest trees in the absence of rain. *Trees Struct Funct* 16: 445-456.
- RUBIM P, NASCIMENTO HEM E MORELLATO LPC. 2010. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Acta Bot Bras* 24: 756-764.
- SAKAI S. 2001. Phenological diversity in tropical forests. *Popul Ecol* 43: 77-86.

SILVA FC E SOARES-SILVA LH. 2000. Arboreal flora of the Godoy State Park, Londrina, PR. Brasil. *Edinb J Bot* 57: 107-120.

SILVEIRA M. 2006. A vegetação do Parque Estadual Mata dos Godoy. In: TOREZAN JM (Org), *Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina: Itedes*, p.19-27.

SINGH KP E KUSHWAHA CP. 2006. Diversity of flowering and fruiting phenology of trees in a tropical deciduous forest in India. *Ann Bot* 97: 256-276.

SNOW DW. 1965. A possible selective factor in the evolution of fruiting seasons in tropical forest. *Oikos* 15: 274-281.

SOARES-SILVA LH E BARROSO GM. 1992. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta na porção norte do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina-PR, Brasil. In: *Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, 8., São Paulo. Anais...* São Paulo: Sociedade Botânica de São Paulo, p.101-112.

TALORA DC E MORELLATO PC. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Rev Bras Bot* 23: 13-26.

VAN SCHAİK CP, TERBORGH JW E WRIGHT SJ. 1993. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. *Annu Rev Ecol Syst* 24: 353-377.

VICENTE RF. 2006. O Parque Estadual Mata dos Godoy. In: TOREZAN JM (Org), *Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina: Itedes*, p.13-18.

WHEELWRIGHT NT. 1985. Competition for dispersers, and the timing of flowering and fruiting in a guild of tropical trees. *Oikos* 44: 465-477.

WRIGHT SJ E CORNEJO FH. 1990. Seasonal drought and leaf fall in a tropical forest. *Ecology* 71: 1165-1175.

WRIGHT SJ. 1996. Phenological responses to seasonality in tropical forest plants. In: MULKEY SS, CHAZDON RL E SMITH AP (Eds), *Tropical forest plant ecophysiology*, New York: Springer, p. 440-460.

ZAR JH. 1999. *Biostatistical Analysis*, 4th ed., New Jersey: Prentice-Hall, 931p.