



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

THAIS MITI YOSHIDA

**PERIODICIDADE E FORMAÇÃO DE ANÉIS DE
CRESCIMENTO EM ESPÉCIES ARBÓREAS EM UM
FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL
SEMIDECIDUAL NO SUL DO BRASIL**

Londrina
2013

THAIS MITI YOSHIDA

**PERIODICIDADE E FORMAÇÃO DE ANÉIS DE
CRESCIMENTO EM ESPÉCIES ARBÓREAS EM UM
FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL
SEMIDECIDUAL NO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial á obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Edmilson Bianchini

Co-orientador: Dr. Paulo César Botosso

Londrina
2013

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

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Y65p Yoshida, Thais Miti.
Periodicidade e formação de anéis de crescimento em espécies arbóreas em um
fragmento de floresta estacional semidecidual no sul do Brasil / Thais Miti Yoshida.
– Londrina, 2013.
58 f : il.

Orientador: Edmilson Bianchini.
Coorientador: Paulo César Botosso.
Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina,
Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2013.
Inclui bibliografia.

1. Árvores – Anéis de crescimento – Teses. 2. Dendrômetro – Teses. 3. Troncos
(Botânica) – Teses. 4. Florestas – Medição – Teses. 5. Fenologia vegetal – Teses.
I. Bianchini, Edmilson. II. Botosso, Paulo César. III. Universidade Estadual de Londrina.
Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas.
IV. Título.

CDU 581.4:634.0.2

THAIS MITI YOSHIDA

**PERIODICIDADE E FORMAÇÃO DE ANÉIS DE
CRESCIMENTO EM ESPÉCIES ARBÓREAS EM UM
FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL
SEMIDECIDUAL NO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial á obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

BANCA EXAMINADORA

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Botosso
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -
Embrapa

Prof. Dr. Moacyr Eurípedes Medri
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. José Eduardo Lahoz da Silva Ribeiro
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 06 de Julho de 2013.

À minha mãe Vilma e ao meu pai Belmiro *in memoriam*, por terem me dedicado suas vidas,
Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Edmilson Bianchini, pela oportunidade, orientação, “puxões de orelha”, preocupação, dedicação e principalmente pela compreensão e pelos ensinamentos que me fizeram amadurecer e evoluir muito ao longo desses anos.

Ao meu co-orientador Paulo C. Botosso, por ter me apresentado a dendrologia, pela disponibilidade e pela ajuda durante todo o mestrado.

Ao professor Moacyr E. Medri, pela ajuda, serenidade, por ter acreditado em mim quando nem eu acreditei e pelas várias lições de vida que sempre vão contribuir pra eu me tornar uma bióloga e uma pessoa melhor.

Aos professores do mestrado em Ciências Biológicas, pelos ensinamentos, principalmente ao José Pimenta e ao José Eduardo, pela disponibilidade e pelas conversas.

Aos professores Mário Tomazello, Fidel Roig e aos amigos da Engenharia Florestal da Universidade de São Paulo – ESALQ, pela disponibilidade, hospitalidade, amizade e pelos ensinamentos.

Ao IAP (Instituto Ambiental do Paraná) por permitir que a pesquisa fosse realizada no Parque Estadual Mata dos Godoy e ao IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná) pela cessão dos dados climáticos.

Às amigas Leo e Rosana, pelo carinho, ajuda, compreensão, conversar e por sempre torcerem pelo meu sucesso.

À Pamela Cristina por ser minha primeira grande amiga na UEL, pela ajuda a campo, pelo carinho, pela calma, pelo apoio emocional e pela amizade.

Aos amigos, Cecília, Natalia, Thais Assis, Thais, Mariana, Anderson, Gisela, Daniel, Fausto, Vitor, Arthur, Luis Eduardo, Enio, Lidia, Débora, Keli, Fernanda, Priscila, Denis, Harry, Mário, Jamile, Lucas, Raquel, Rafael, Bruna, Guilherme, Eveline, Caroline, Amanda e William por me ensinarem que em Londrina também se faz bons e verdadeiros amigos, pelo carinho, conselhos, festas, lágrimas, risadas e principalmente pelo apoio incondicional.

Aos meus estagiários Adélia, João Pedro e Dimitri, por compartilharem minhas ideias, pela ajuda, amizade e pelos momentos de descontração.

Aos amigos Lucas Eduardo e Leandro pelas conversas filosóficas, ideias malucas e por sempre ter algo a acrescentar e a criticar no meu “mundo de Thais”.

Aos velhos amigos de Bandeirantes- PR, Luis Fernando, Guilherme, Lucas, José Marcelo, Mariana, Bruna, Leonardo e Luciano, por estarem sempre me apoiando e ao Yves e ao Diego pela ajuda a campo, conselhos, conversas e risadas.

À minha família pelo apoio, incentivo e compreensão.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização do trabalho, meus sinceros agradecimentos.

Vocês sabem o quanto eu caminhei pra chegar até aqui.

YOSHIDA, Thais Miti. **Periodicidade e formação de anéis de crescimento em espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual no Sul do Brasil.** 2013. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

RESUMO

A sazonalidade climática proporcionada pela precipitação e temperatura exerce influência no crescimento das árvores e pode levar à formação de anéis anuais de crescimento. Neste estudo, as variações nas taxas de incremento em circunferência do tronco e sua relação com os fatores abióticos, a presença dos anéis de crescimento, bem como o caráter anual de sua formação, foram avaliados. O estudo foi conduzido no Parque Estadual Mata dos Godoy (centro de visitantes - 23°27' S e 51°15' W), localizado no limite sul da zona tropical, no Estado do Paraná, Brasil. O clima é mesotérmico e, apesar de não possuir uma sazonalidade climática bem definida, é possível distinguir duas estações, uma quente e úmida (verão) e outra mais fria com menores índices de precipitação (inverno). A taxa de incremento em circunferência do tronco de *Astronium graveolens* Jacq., *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl., *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O.Berg, *Guarea kunthiana* A.Juss., *Heliocarpus americanus* L., *Holocalyx balansae* Micheli, *Lonchocarpus muehlbergianus* Hassl., *Miconia discolor* DC., *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. e *Tetrochidium rubrivenium* Poepp. foi acompanhada durante dezessete meses por meio da implantação de faixas dendrométricas permanentes em cerca de 12 a 15 indivíduos por espécie. Para a verificação do caráter anual da formação dos anéis de crescimento, foram realizadas injúrias na zona cambial do tronco de cinco indivíduos de: *A. graveolens*, *B. riedelianum*, *C. xanthocarpa*, *G. kunthiana*, *H. balansae*, *L. muehlbergianus*, *M. discolor* e *N. megapotamica*. Destas, *A. graveolens*, *B. riedelianum*, *M. discolor* e *N. megapotamica* foram selecionadas para contagem e mensuração da largura dos anéis de crescimento. Para isso foram extraídas, com o auxílio do trado de incremento, duas a quatro amostras de lenho (séries temporais radiais) de cinco indivíduos de cada espécie. O incremento mensal do tronco foi correlacionado com temperatura média e precipitação total do mês corrente e de um e de dois meses anteriores por meio do coeficiente de correlação de Spearman. A mensuração das larguras dos anéis de crescimento foi realizada com o programa Image Pro Plus e as correlações entre as séries temporais selecionadas foram estabelecidas por meio do programa COFECHA. Em geral, tanto a precipitação quanto a temperatura influenciaram o crescimento, mas a precipitação correlacionou-se positivamente com o maior número de espécies. No entanto, a fenologia, a posição sociológica dos indivíduos e a tolerância ao sombreamento também podem exercer influência sobre as taxas de incremento em circunferência. As espécies apresentaram redução da taxa de incremento durante o inverno, especialmente em 2012, em razão das baixas taxas de precipitação dos meses de julho a setembro. A taxa de incremento em circunferência do tronco se correlacionou negativamente com a densidade do lenho. No que diz respeito às análises dendrocronológicas, apesar das baixas correlações obtidas entre as séries temporais analisadas, os resultados indicam que as espécies *A. graveolens*, *B. riedelianum*, *M. discolor* e *N. megapotamica* possuem potencial para estudos dendrocronológicos. A anuidade de formação dos anéis de crescimento foi confirmada para todas as espécies, exceto para *A. graveolens*, cujas amostras coletadas não apresentavam as cicatrizes cambiais.

Palavras-chave: amostras de lenho; dendrômetros; Janela de Mariaux; sazonalidade climática.

YOSHIDA, Thais Miti. **Periodicity and tree-ring formation on tree species from a seasonal semi-deciduous forest in Southern Brazil**. 2013. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

ABSTRACT

The seasonal climate variation such as temperature and precipitation influences the tree growth and it can lead a formation of annual growth rings. In this study the variations of growth rate in girth trunk increment and its relationship with abiotic factors, the presence of growth rings as well as the character of their annual formation were analyzed. The study was carried out in Mata dos Godoy State Park (visitor center - 23°27 'S and 51°15' W), located on the southern edge of the tropical zone, Paraná State, Brazil. The climate is mesothermal and despite not having a well-defined climatic seasonality, it is possible to distinguish two seasons: a hot and humid (summer) and a cooler with less precipitation (winter). The growth rate in trunk circumference was accompanied for seventeen months through the implementation of permanent dendrometers in individuals of *Astronium graveolens* Jacq., *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl., *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O.Berg, *Guarea kunthiana* A.Juss., *Heliocarpus americanus* L., *Holocalyx balansae* Micheli, *Lonchocarpus muelbergianus* Hassl., *Miconia discolor* DC., *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez and *Tetrorchidium rubrivenium* Poepp. In order to verify the annual formation of the growth rings, cambium injuries were made in five individuals from the following species: *A. graveolens*, *B. riedelianum*, *C. xanthocarpa*, *G. kunthiana*, *H. balansae*, *L. muelbergianus*, *M. discolor* and *N. megapotamica*. Among them, *A. graveolens*, *B. riedelianum*, *M. discolor* and *N. megapotamica* were selected for counting and measuring the width of growth rings. The two to four radii wood samples were extracted with increment borer from each individual sampled. The monthly trunk circumference increment was correlated with temperature and precipitation for the current month and for the one and the two months earlier by the Spearman correlation coefficient. The measurement of ring widths was performed with the Image-Pro program and the correspondence among the time series was established by COFECHA program through Pearson correlations. In general, both the precipitation as the temperature affect the growth, but the precipitation was positively correlated with the greatest number of species. However, the phenology, the individuals sociological position and the shade tolerance can also affect the growth rates in trunk circumference. The species showed a reduction of growth rates during the winter especially in 2012 due to low precipitation rates for the months from July to September. The growth rate in trunk circumference was negatively correlated with wood density. In despite of the low correlations between the analyzed temporal series, the results analyses indicated that the species *A. graveolens*, *B. riedelianum*, *M. discolor* and *N. megapotamica* present dendrochronological potential for studies. The annuity formation of growth rings was confirmed for all species, except for *A. graveolens* whose samples did not show the cambial marking.

Key words: cambial marking method; climatic seasonality; dendrometers band; wood samples.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Localização do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. A figura embaixo representa o contorno do Parque..... 17
- Figura 2** - Distribuição anual das médias mensais de precipitação e temperatura para a região de Londrina, Paraná, Brasil, calculadas com base no registro histórico do IAPAR de janeiro de 1976 a dezembro de 2011..... 17
- Figura 3** - Balanço hídrico normal mensal da região de Londrina-PR, calculadas com base no registro histórico de precipitação do IAPAR referente ao período de janeiro de 1976 a dezembro 1996. Prec – precipitação; ETP – Evapotranspiração potencial; ETR – Evapotranspiração real 18
- Figura 4** - Esquema ilustrativo das faixas dendrométricas (a) e de sua instalação no tronco (b) de espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. Fonte: adaptado de Botosso (2000) 23
- Figura 5** - Marcações cambiais implantadas no tronco de espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, nos anos de 2009 (1), 2010 (2) e 2011 (3) (a), coleta do material (b, c) e preparo das amostras (d, e)..... 24
- Figura 6** - Coleta das amostras de lenho pelo método não destrutivo com o auxílio do trado de incremento em espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR (a, b) e preparo das amostras coletadas (c, d) 25

CAPÍTULO 1

- Figura 1** - Precipitação total e temperatura média para o município de Londrina, Paraná, sul do Brasil, no período de junho de 2011 a outubro de 2012 37
- Figura 2** - Correlação entre o incremento médio anual em circunferência (mm) com a densidade básica (g cm^{-3}) do lenho de dez espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR 42
- Figura 3** - Incremento médio mensal em circunferência do tronco de *Heliocarpus americanus* (A), *Miconia discolor* (B), *Astronium graveolens* (C), *Nectandra megapotamica* (D) e *Tetrorchidium rubrivenium* (E) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil, no período de Agosto de 2011 a Outubro de 2012. As barras representam o

	incremento médio mensal com o erro padrão	44
Figura 4 -	Incremento médio mensal em circunferência do tronco de <i>Holocalyx balansae</i> (A), <i>Balfourodendron riedelianum</i> (B), <i>Campomanesia xanthocarpa</i> (C), <i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> (D) e <i>Guarea kunthiana</i> (E) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil, no período de Agosto de 2011 a Outubro de 2012. As barras representam o incremento médio mensal com o erro padrão	45
Figura 5 -	Número de séries temporais utilizadas (A) e série máster (B) da espécie <i>Astronium graveolens</i> obtida pelos índices de anéis de crescimento pelo software COFECHA, a partir de amostras coletadas no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. No eixo X estão representadas as extensões das séries temporais, de acordo com a Tabela 5	48
Figura 6 -	Número de séries temporais utilizadas (A) e série máster (B) da espécie <i>Balfourodendron riedelianum</i> obtida pelos índices de anéis de crescimento pelo software COFECHA, a partir de amostras coletadas no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. No eixo X estão representadas as extensões das séries temporais, de acordo com a Tabela 5.....	48
Figura 7 -	Número de séries temporais utilizadas (A) e série máster (B) da espécie <i>Miconia discolor</i> obtidas pelos índices de anéis de crescimento pelo software COFECHA, a partir de amostras coletadas no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. No eixo X estão representadas as extensões das séries temporais, de acordo com a Tabela 5	49
Figura 8 -	Número de séries temporais utilizadas (A) e série máster (B) da espécie <i>Nectandra megapotamica</i> obtidas pelos índices de anéis de crescimento pelo software COFECHA, a partir de amostras coletadas no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. No eixo X estão representadas as extensões das séries temporais, de acordo com a Tabela 5.....	49
Figura 9 -	Incremento radial acumulado (IRA) por indivíduos de <i>Astronium graveolens</i> (A), <i>Balfourodendron riedelianum</i> (B), <i>Miconia discolor</i> (C) e <i>Nectandra megapotamica</i> (D) no Parque Estadual Mata dos	

	Godoy, Londrina, PR. No eixo X está representado o número de anos de cada série	50
Figura 10 -	Anéis de crescimento em <i>Astronium graveolens</i> (A, B), <i>Balfourodendron riedelianum</i> (C, D), <i>Nectandra megapotamica</i> (E, F) e <i>Miconia discolor</i> (G, H) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR.....	52
Figura 11 -	Anéis de crescimento em <i>Campomanesia xanthocarpa</i> (A, B), <i>Guarea kunthiana</i> (C, D), <i>Holocalyx balansae</i> (E, F) e <i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> (G, H) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR.....	53
Figura 12 -	Marcações cambiais e anéis anuais de crescimento de <i>Balfourodendron riedelianum</i> (A, B) e de <i>Campomanesia xanthocarpa</i> (C e D) feitas nos anos de 2009 e 2010 respectivamente. O círculo indica a cicatriz cambial, os triângulos brancos, vermelhos e verdes referem-se aos anos formados de 2010, 2011 e 2012, respectivamente.....	54
Figura 13 -	Marcações cambiais e anéis anuais de crescimento de <i>Guarea kunthiana</i> (A, B) e de <i>Nectandra megapotamica</i> (C e D) feitas nos anos de 2009 e 2010, respectivamente. O círculo indica a cicatriz cambial, os triângulos brancos, vermelhos e verdes referem-se aos anos formados de 2010, 2011 e 2012, respectivamente	54
Figura 14 -	Marcações cambiais e anéis anuais de crescimento de <i>Holocalyx balansae</i> (A, B) feitas nos anos de 2009 e 2010, respectivamente e de <i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> (C) feita em 2011. O círculo indica a cicatriz cambial, os triângulos vermelhos e verdes referem-se aos anos formados de 2011 e 2012, respectivamente	55

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- Tabela 1** - Espécies arbóreas e o número de indivíduos amostrados no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR 38
- Tabela 2** - Incremento acumulado em circunferência do tronco (IA), no período de agosto de 2010 a outubro de 2011 e a densidade básica do lenho de espécies do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. Médias (\pm erro padrão) seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$) 42
- Tabela 3** - Coeficiente de Correlação de Spearman entre o incremento médio em circunferência do tronco de espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR e os dados climáticos da região. Ag- *Astronium graveolens*; Br- *Balfourodendron riedelianum*; Cx – *Campomanesia xanthocarpa*; Gk – *Guarea kunthiana*; Ha – *Heliocarpus americanus*; Hb – *Holocalyx balansae*; Lm – *Lonchocarpus muehlbergianus*; Md – *Miconia discolor*; Nm- *Nectandra megapotamica* e Tr – *Tetrorchidium rubrivenium*. P, Precipitação do mês corrente; P1, Precipitação do mês anterior; P2, Precipitação de dois meses anteriores; T, Temperatura média do mês corrente; T1, Temperatura média do mês anterior; T2, Temperatura média de dois meses anteriores 46
- Tabela 4** - Qualidade da sincronização das séries temporais dos anéis de crescimento de *Astronium graveolens* (Ag), *Balfourodendron riedelianum* (Br), *Miconia discolor* (Md) e *Nectandra megapotamica* (Nm) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR..... 47
- Tabela 5** - Incremento médio anual (IMA) e a densidade básica (DB) de quatro espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR... 51
- Tabela 6** - Características dos anéis de crescimentos de quatro espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina-Pr..... 51

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	13
OBJETIVOS	15
METODOLOGIA GERAL	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
PERIODICIDADE E FORMAÇÃO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO EM ESPÉCIES ARBÓREAS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO SUL DO BRASIL	32
Resumo	33
Abstract	34
INTRODUÇÃO	35
MATERIAL E MÉTODOS	36
RESULTADOS	41
DISCUSSÃO	55
CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

INTRODUÇÃO GERAL

Dendrocronologia (do grego: *dendron*, árvore; *chronos*, tempo; e *logus*, estudo) é definida como a ciência que permite determinar a idade das plantas através do estudo de anéis de crescimento. Originou-se no século XVI quando Leonardo da Vinci, observando árvores de *Pinus* sp. na Toscana, Itália, propôs que havia relação entre os anéis de crescimento e o clima. Ele afirmou que “os anéis de crescimento permitem estimar o número de anos e, em função de sua espessura, indicar os anos mais e menos secos” (CORONA, 1986).

De acordo com Fahn (1982), os anéis de crescimento resultam da atividade periódica do câmbio vascular e representam as respostas fisiológicas diante das mudanças sazonais das condições climáticas (WORBES, 1992). Nas regiões temperadas, onde a sazonalidade climática é bem definida, a dendrocronologia tem sido amplamente estudada (OLIVEIRA et al., 2008). Nestas regiões, as oscilações climáticas induzem as árvores a produzirem, ano a ano, uma nova camada de lenho (SCHWEINGRUBER, 1988).

Nas áreas tropicais, onde a sazonalidade climática é menos perceptível, assumiu-se durante muito tempo que estudos dendrocronológicos eram inviáveis, pois se acreditava que, em razão da pequena variação climática ao longo do ano, o crescimento destas espécies permanecia estável e, portanto, não haveria um período de dormência cambial (BOTOSSO et al., 2001). No entanto, diversos estudos (Mariaux, 1967; Ash, 1983; February e Stock, 1998; Worbes e Junk, 1999; Botosso et al., 2000; Enquist e Leffler, 2001; Worbes, 2002; Dunisch et al., 2003; Worbes et al., 2003; Brienen e Zuidema, 2003, 2006, 2007; Tomazello-Filho et al., 2004; Lisi et al., 2008) comprovaram a existência de periodicidade na taxa de incremento cambial e a formação de anéis de crescimento em diversas regiões tropicais e subtropicais.

Worbes (1995), baseado em suas investigações e as de outros autores, apresentou um conjunto de condições climáticas que são responsáveis por induzirem a formação de anéis anuais de crescimento em árvores tropicais. Dentre elas, estão os períodos com precipitação inferior a 60 mm mensais com duração de dois a três meses.

Em outro estudo, Worbes (1989) afirmou que os períodos de inundação sazonal na Amazônia expunham as raízes a condições de hipoxia, causando dormência cambial e, conseqüentemente, levando à formação de anéis de crescimento. Por outro lado, Dunisch et al. (2003) comprovaram a periodicidade de crescimento em *Cedrela odorata* L. e *Swietenia macrophylla* King em floresta de terra firme na Amazônia, e afirmaram que o período de

seca, mesmo que moderado, induz a dormência cambial. Schongart et al. (2002) compararam a atividade cambial de espécies da várzea amazônica com espécies da floresta estacional semidecidual da Venezuela e comprovaram a existência de períodos de dormência cambial, promovidos por alagamento na várzea ou por seca moderada nas florestas estacionais.

Lisi et al. (2008) utilizaram anatomia da madeira, observações fenológicas, faixas dendrométricas e marcações cambiais para interpretar o comportamento da atividade cambial em vinte e quatro espécies de uma floresta estacional semidecidual do estado de São Paulo e observaram que, apesar da taxa de incremento radial ser influenciada por diversos fatores ambientais tais como topografia, taxa de nutrientes do solo e competição entre árvores e lianas, a disponibilidade de água parece ser o fator primário, tendo em vista que houve decréscimo na atividade do cambium vascular durante o período de menor precipitação.

No Brasil, os primeiros registros sobre a periodicidade do crescimento em árvores tropicais constam nos artigos de Alvim (1964). Tomazello-Filho et al. (2004) analisaram, anatomicamente, o lenho de 41 espécies em três fitofisionomias distintas (floresta estacional semidecidual, floresta ombrófila densa e cerrado) com a finalidade de determinar as espécies que possuíam anéis distintos. Das 41 espécies analisadas apenas nove possuíam anéis de crescimento distintos.

Nas regiões subtropicais, Morales et al. (2004) afirmaram que as variações na temperatura e no fotoperíodo influenciaram a atividade periódica do câmbio vascular, levando ao aparecimento de anéis de crescimento anuais.

O interesse em obter informações a respeito das taxas de crescimento e idade de árvores tropicais e subtropicais levou ao desenvolvimento de várias metodologias de estudos (PALERMO et al. 2002). As metodologias dinâmicas são aquelas que utilizam as árvores vivas, dentre elas: a análise por investigação fenológica, a utilização de faixas dendrométricas e as injúrias cambiais. Já as estáticas fazem uso das metodologias da anatomia do lenho e a dendrocronologia, tais como a descrição anatômica e demarcação, contagem e mensuração dos anéis de crescimento, a partir de amostras retiradas do lenho (CHAGAS, 2009).

O ritmo da atividade cambial e sua relação com a fenologia podem ser avaliados por meio da implantação de faixas dendrométricas no tronco das árvores. Essa metodologia tem a finalidade de medir de forma contínua o crescimento em circunferência do tronco e, dessa forma, determinar os períodos de variação da atividade cambial (BOTOSSO e TOMAZELLO-FILHO, 2001). Esta metodologia foi aplicada nos estudos de Worbes

(1999), Botosso et al. (2000), Dunisch et al. (2003), Ferreira-Fedele et al. (2004) e Lisi et al (2008).

Associado à implantação dos dendrômetros, Lisi et al. (2008) também utilizou o método de injúria cambial, conhecido como Janela de Mariaux. As injúrias cambiais têm como função verificar, com exatidão, o ritmo de formação dos anéis de crescimento, ou seja, se cada anel é formado durante um ano ou não (BOTOSSO, 2000). Outros estudos como os de Callado et al. (2011) e Lobão (2011) também fizeram uso deste método para verificar o caráter de formação dos anéis de crescimento.

No que diz respeito à análise dos anéis de crescimento, há duas metodologias para a retirada das amostras. O método destrutivo envolve a retirada de discos completos do tronco, enquanto que o não-destrutivo, que é mais amplamente usado, envolve apenas a retirada de pequenas amostras do lenho, com o auxílio da sonda de *Pressler* (LOBÃO, 2011).

A detecção de anéis de crescimento distintos é um requisito essencial para o estudo da periodicidade de formação dos anéis e das taxas de crescimento do lenho das árvores (ROIG, 2000; TOMAZELLO-FILHO et al., 2004). Segundo Worbes (2002), o método mais seguro na datação de uma árvore que apresente anéis anuais consiste na aplicação de procedimentos dendrocronológicos.

O estudo dos anéis em áreas tropicais é mais complicado do que nas áreas temperadas e boreais (TOMAZELLO-FILHO et al., 2004), tendo em vista que, em algumas espécies, os anéis de crescimento são poucos distintos ou indistintos (WORBES, 1999). Porém, esses estudos são importantes para o entendimento da dinâmica de populações e de perturbações recorrentes nos ecossistemas ao longo dos anos, para um manejo adequado das florestas e até sobre o ciclo de carbono florestal (CHAMBERS et al., 1998).

OBJETIVOS

Os objetivos do presente estudo foram (i) verificar o ritmo e periodicidade de formação dos anéis de crescimento, (ii) determinar as taxa de crescimento em circunferência e (iii) correlacionar às variações de temperatura e precipitação com a atividade de crescimento em circunferência do tronco de dez espécies arbóreas de Floresta Estacional Semidecidual. Para tanto, foram levantadas as seguintes questões:

- As espécies arbóreas selecionadas apresentariam anéis anuais de crescimento decorrentes das condições climáticas da região de estudo?

- Em caso de formação anual dos anéis de crescimento, essas espécies arbóreas teriam potencial para o desenvolvimento de estudos dendrocronológicos e dendroecológicos?

METODOLOGIA GERAL

Descrição da área de estudo

O norte do Paraná foi coberto, predominantemente, pela floresta estacional semidecidual, uma das mais importantes fitofisionomias do Bioma Mata Atlântica. O Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), (centro de visitantes - 23°27' S e 51°15' W), um dos últimos remanescentes desta fitofisionomia na região, está localizado no município de Londrina (Paraná), no limite sul da região tropical (Figura 1). O PEMG encontra-se em bom estado de conservação, embora sua matriz circundante seja composta por pastagens, cultivos agrícolas, capoeiras e áreas reflorestadas (BIANCHINI et al., 2006).

Entretanto, sua área de 680 ha (BIANCHINI et al., 2003), atualmente, está conectada a outros fragmentos adjacentes, totalizando uma área de 2800 ha (VICENTE, 2006). Segundo Pimenta (1998), a porção norte do PEMG é uma planície com aproximadamente 600 m de altitude, enquanto a porção sul apresenta uma declividade moderada. Possui também algumas colinas paralelas cujas encostas podem atingir o Ribeirão dos Apertados (face sul) formando barrancos elevados ou podem terminar em áreas alagáveis com cerca de 10-30 m de largura e altitude em torno de 500 m.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, caracterizado como mesotérmico (PERINA, 2011). Esta área possui temperatura média anual de 20,9 °C e média pluviométrica anual de 1612,5 mm, sendo o mês de janeiro mais chuvoso (218,5 mm) e o de agosto o de menor precipitação (52,5 mm) (Figura 2). A análise do balanço hídrico, calculado com base nas médias históricas, indica que não há deficiência de água no solo e, somente no mês de agosto, não existe água excedente (Figura 3). A pluviosidade durante o verão é cerca de duas vezes maior que no inverno, caracterizando duas estações bem definidas quanto à precipitação (BIANCHINI e SANTOS, 2005). A temperatura apresenta uma variação de 7°C, sendo junho o mês de menor temperatura (16,8°C) e janeiro o de maior (23,8°C).

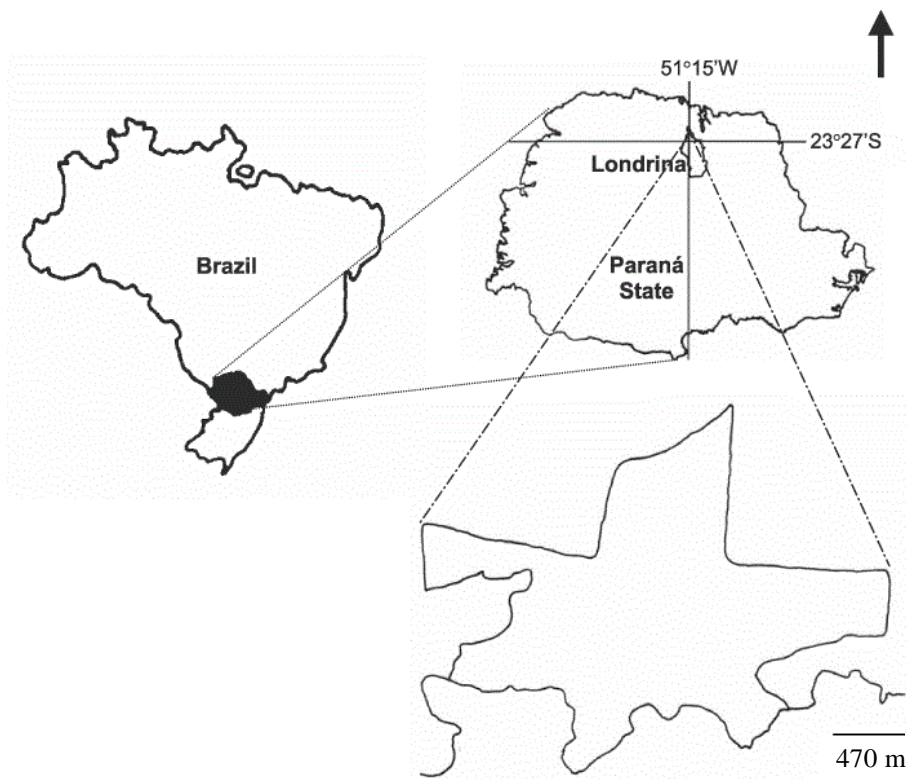


Figura 1 - Localização do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. A figura embaixo representa o contorno do Parque. (Fonte: Sofia et al., 2004).

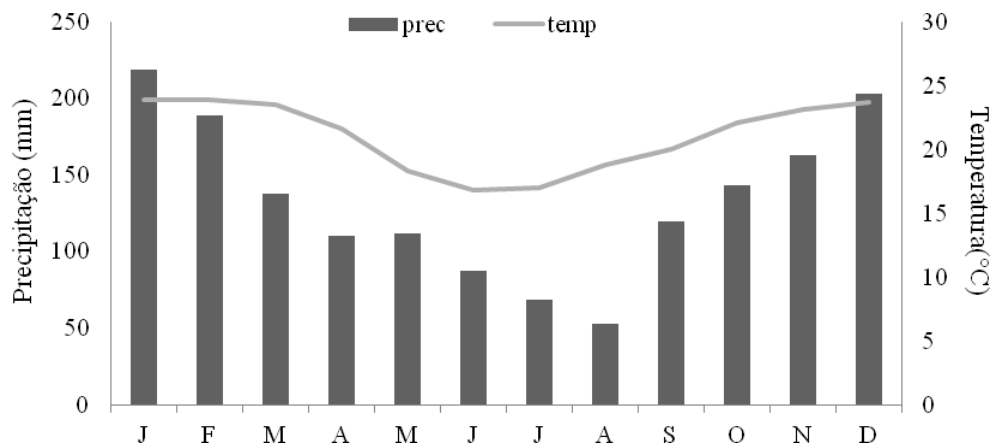


Figura 2 - Distribuição anual das médias mensais de precipitação e temperatura para a região de Londrina, Paraná, Brasil, calculadas com base no registro histórico do IAPAR de janeiro de 1976 a dezembro de 2011.

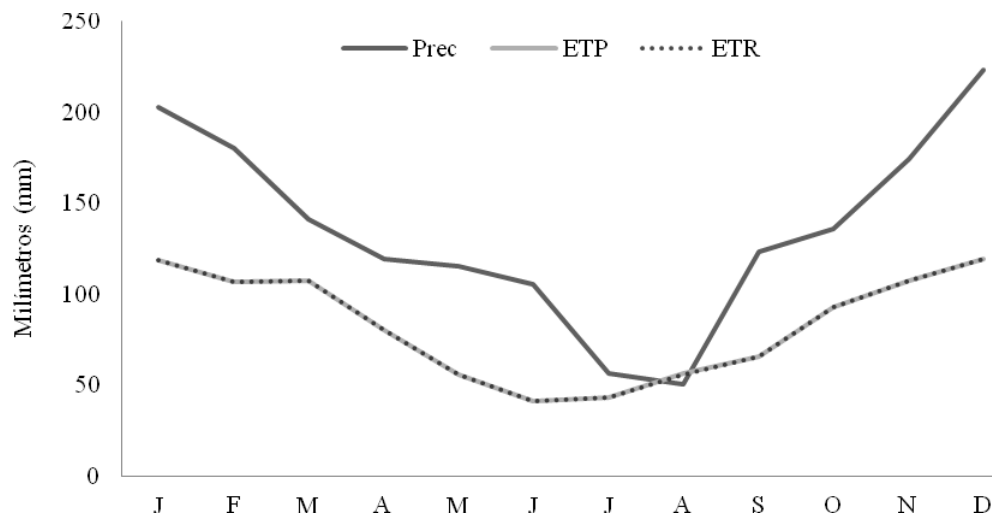


Figura 3 - Balanço hídrico normal mensal da região de Londrina-PR, calculadas com base no registro histórico de precipitação referente ao período de janeiro de 1976 a dezembro 1996. Prec – precipitação; ETP – Evapotranspiração potencial; ETR – Evapotranspiração real. Os dados climáticos foram fornecidos pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e os cálculos foram realizados em planilha elaborada por Rolim e Sentelhas (ESALQ – USP).

Segundo Silveira (2006), o solo e a topografia são os principais elementos que definem as mudanças na fisionomia do PEMG. No topo da encosta, o dossel é mais denso e uniforme e o solo é profundo e argiloso. Dentre as espécies que apresentam maior abundância estão peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg) e palmito juçara (*Euterpe edulis* Mart.); as árvores de maior porte são frequentemente encontradas neste local, como a peroba e a figueira (*Ficus eximia* Schott) e há uma relativa abundância de epífitas. Na encosta, o dossel é mais irregular e o solo é mais raso e litólico. A frequência das árvores de maior porte diminui e a quantidade de clareiras aumenta. Neste local as espécies predominantes são *Chusquea* sp. (um bambu herbáceo) e *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg. (arbusto trepador que se associa ao bambu).

Na parte sul, o dossel é mais uniforme quando comparado à encosta e menos denso que no topo. As espécies mais abundantes nesse local são *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez, *Actinostemon concolor* (Spreng.) Müll. Arg. e *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (SOARES-SILVA et al., 1998).

No PEMG como um todo, destacam-se as espécies arbóreas *A. concolor*, *A. polyneuron*, *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl., *Cedrela fissilis* Vell., *Euterpe edulis* Mart., *Sorocea bonplandii* (Baill.) W.C.Burger, Lanj. & de Boer e os gêneros *Guarea* F. Allam. ex L. e *Trichilia* P.Browne (ZANGARO et al., 2013).

Descrição geral das espécies estudadas

Para o estudo, foram selecionadas 10 espécies arbóreas considerando-se o índice de valor de importância (SILVA e SOARES-SILVA, 2000), a deciduidade (PERINA, 2011), a abundância no fragmento, a importância fisionômica e a importância econômica. Para cada espécie foram selecionados indivíduos adultos, com caules sem deformidades aparentes (retos), que não apresentavam sinais de ataque de agentes xilófagos (e.g. cupins) ou problemas fitossanitários evidentes, com a copa intacta e ausência de lianas.

Astronium graveolens Jacq

Pertencente à família Anacardiaceae, conhecido popularmente como guaritá. Ocorre naturalmente em floresta estacional semidecidual com ampla distribuição nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil, (SANTOS et al., 2011). Segundo Soares-Silva et al. (1992), esta espécie é característica da floresta estacional semidecidual submontana, sendo comum nas florestas ciliares da bacia do rio Tibagi, no norte do Paraná. Os indivíduos adultos podem atingir de 15 a 25 m de altura, sendo, portanto, uma árvore emergente. Segundo Perina (2011), a espécie é semidecídua com a abscisão foliar de agosto a novembro e de fevereiro a março e com o brotamento ocorrendo de agosto a novembro.

Por possuir madeira pesada e dura ao corte e de grande durabilidade, é considerada produtora de uma das melhores madeiras de lei da América do Sul (SANTOS et al., 2011). Sua madeira é usada em acabamentos internos, construções externas como postes, esquadrias, carrocerias, para a confecção de móveis, peças torneadas, tacos e tábuas para assoalhos (LORENZI, 1998).

Estudos de periodicidade do crescimento e formação de anéis desta espécie foram realizados por Maria (2002), Gonçalves (2006) e Lisi et al. (2008). Segundo Lisi et al. (2008), os anéis de crescimento são formados anualmente e são distintos com dificuldade. Entretanto, Maria (2002) os classificou como anéis indistintos.

Balfourodendron riedelianum (Engl.) Engl.

Pertencente à família Rutaceae, é vulgarmente conhecido com pau-marfim. Ocorre em alguns estados das regiões sudeste e sul do Brasil, sendo que no Paraná ela se encontra na lista de espécies ameaçadas de extinção (IAP, 2008). É uma espécie tolerante ao

sombreamento e geralmente alcança 15 a 25 m, podendo atingir 35 m de altura quando adulta (MASTELIN et al., 2011), sendo considerada uma espécie emergente (SILVA e SOARES-SILVA, 2000). De acordo com Perina (2011), trata-se de uma espécie semidecídua, com abscisão foliar ocorrendo de maio a setembro e o brotamento de julho a fevereiro.

Segundo Manieri e Chimelo (1989) a madeira é densa e é usada na fabricação de móveis de luxo e partes internas na construção civil, como vigas, caibros e tábuas para assoalho. Esta espécie pode ser usada em projetos paisagísticos e na restauração de mata ciliar.

Estudos de periodicidade de crescimento e formação de anéis de crescimento desta espécie foram realizados por Ferreira (2002), Maria (2002) e Lisi et al. (2008). Todos esses estudos classificaram os anéis de crescimento como distintos, delimitados pela presença do parênquima marginal. No entanto, para Lisi et al. (2008), além da presença do parênquima marginal o limite dos anéis de crescimento pode ser distinto também pela presença de zona fibrosa e por mudanças no diâmetro dos vasos.

Campomanesia xanthocarpa (Mart.) O.Berg

Pertencente à família Myrtaceae, é vulgarmente conhecida como gabiroba. Esta espécie possui duas variedades que ocorre naturalmente em toda a região dos pinhais do planalto meridional do sul do Brasil (REITZ, 1977). Segundo Silva e Soares-Silva (2000), ela é tolerante ao sombreamento e alcança de 10 a 20 m de altura, ocupando o dossel mediano da floresta. Segundo Pimenta (1998), pode alcançar diâmetro de até 50 cm. Os frutos das gabiobas são consumidos por várias espécies de pássaros e mamíferos, sendo também utilizados para fazer doces e licores (VALLILO et al., 2006). Segundo Pimenta (1998) é uma espécie semidecídua, com abscisão foliar ocorrendo de julho a agosto e brotamento de agosto a setembro.

A madeira desta espécie é usada na produção de lenha, carvão, cerca e tabuados, instrumentos musicais e agrícolas (VALLILO et al., 2006). Além disso, segundo Souza e Lorenzi (2005) é indicada para plantio em áreas degradadas e pode ser utilizada como árvore ornamental.

Guarea kunthiana A.Juss.

Integrante da família Meliaceae, é popularmente conhecida com figo-do-mato. Ocorre, sobretudo em remanescentes florestais do norte paranaense situados em terra roxa, sendo indicadora de terras férteis (SOUZA et al., 2002).

A espécie é considerada tolerante ao sombreamento (SILVA e SOARES-SILVA, 2002) e perenifólia (PERINA, 2011), ocorrendo no sub-bosque da floresta.

Heliocarpus americanus L.

Integrante da família Malvaceae, é vulgarmente conhecida como jangadeiro e ocorre naturalmente nas florestas do sul do Brasil (RICHTER e DALLWITZ, 2000). De acordo com Silva e Soares-Silva (2000), é intolerante ao sombreamento e ocupa o dossel florestal. Trata-se de uma espécie semidecídua, com queda foliar ocorrendo de julho a setembro e de janeiro a março e o brotamento de setembro a março (PERINA, 2011).

Segundo Sukanuma et al. (2008), por possuir crescimento rápido, é indicada no processo de recuperação de áreas degradadas. Além disso, a madeira é leve, mole e macia, própria para fabricação de jangadas (LORENZI, 1998).

Holocalyx balansae Micheli

Integrante da família Fabaceae, é popularmente conhecida como alecrim-de-campinas e ocorre desde São Paulo até o Rio Grande do Sul (LORENZI, 2002). De acordo com Silva e Soares-Silva (2000), é tolerante ao sombreamento e sua altura varia de 15-20 m, ocupando o dossel florestal. Segundo Perina (2011), é uma espécie semidecídua, com a abscisão de folhas de maio a setembro e o brotamento de julho a janeiro.

A madeira é pesada, dura, de grande resistência e de longa durabilidade. É usada na construção civil como vigas e caibros, na confecção de móveis de luxo, peças torneadas e carrocerias.

Lonchocarpus muehlbergianus Hassl.

Pertencente à família Fabaceae, sendo popularmente conhecida como feijão cru. No Brasil, ocorre naturalmente de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul (LORENZI, 2002). Segundo Soares-Silva (2000), a espécie é intolerante ao sombreamento

e, de acordo com Marchiori (2007), pode alcançar de 15 a 20 m de altura. Segundo Perina (2011), é decídua com queda foliar de maio a outubro e brotamento de setembro a março.

A madeira é moderadamente pesada (LORENZI, 1992) e pouco resistente a organismos xilófagos. Não é indicada para obras externas, podendo ser usada para tabuados em geral, carpintaria leve, cabos de ferramenta, caixotaria e lenha (MARCHIORI, 2007).

Miconia discolor DC.

Pertencente à família Melastomataceae é popularmente conhecida como quaresma. No Brasil, ocorre desde o Rio de Janeiro e Minas Gerais até Santa Catarina (GOLDENBERG, 2004). De acordo com Silva e Soares-Silva (2000) é intolerante ao sombreamento, alcançando 1 a 6 m de altura e se encontra no sub-bosque florestal (GOLDENBERG, 2004). Perina (2011) a classifica como perenifólia.

Nectandra megapotamica (Spreng.) Mez

Integrante da família Lauraceae, é conhecida como canela-louro. No Brasil, abrange as regiões centro-oeste, sudeste e sul (BAITELLO, 2003). Segundo Perina (2011), é perenifólia, e de acordo com Silva e Soares-Silva (2000) é tolerante ao sombreamento e ocupa o dossel da floresta.

Seus frutos são procurados por inúmeras espécies de pássaros, sendo ótima para reflorestamentos mistos de áreas de preservação permanentes (Lorenzi, 1998) e pode ser utilizada em projetos paisagísticos e de arborização urbana. Segundo Brito (2009), sua madeira é moderadamente pesada e fácil de trabalhar. Possui durabilidade média sob condições naturais podendo ser usada na construção civil, esquadrias e tabuados em geral.

Estudo dendrocronológico foi realizado por Spatelf et al. (2010). Segundo eles, os anéis de crescimento são formados anualmente, são distintos, com a delimitação feita por diferenças abruptas entre o lenho inicial e o lenho tardio, sendo que a parede e o diâmetro das fibras é menor no lenho tardio quando comparados ao lenho inicial.

Tetrorchidium rubrivenium Poepp.

Integrante da família Euphorbiaceae, é popularmente conhecido como canemaçu. No Brasil, ocorre naturalmente de São Paulo ao Rio Grande do Sul (LORENZI, 2009). De

acordo com Silva e Soares-Silva (2000), é intolerante ao sombreamento, atinge até 25 m de altura e ocupa o dossel da floresta. Segundo Perina (2011), é uma espécie perenifólia.

De acordo com Lorenzi, (2009) sua madeira é pouco resistente ao apodrecimento, sendo usada para fabricação de brinquedos, caixotaria leve e mole de painéis e portas.

Metodologia

Faixas dendrométricas

A faixa dendrométrica consiste em fitas de aço inoxidável (dendrômetros), que possuem escala graduada em milímetros e nônio graduado com precisão de 0,2 mm (Figura 4a, b). Essas faixas são implantadas à altura do peito (DAP ~ 1,30 m do nível do solo) no tronco das árvores, por meio da tração de uma mola (MARIA, 2002). A mola permite que a faixa se ajuste no tronco da árvore e, por meio da escala, é possível mensurar as variações do crescimento em diâmetro do tronco e assim inferir a respeito da atividade cambial.

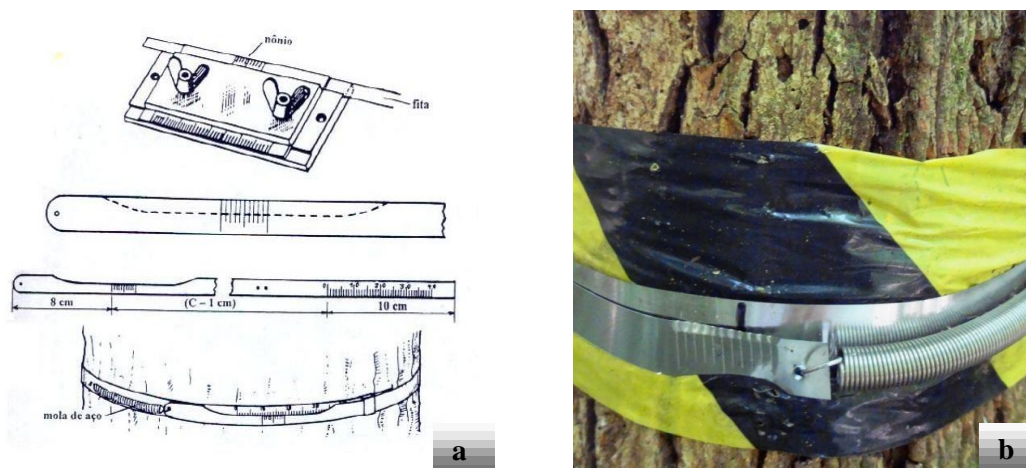


Figura 4 - Esquema ilustrativo das faixas dendrométricas (a) e de sua instalação no tronco (b) de espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. Fonte: adaptado de Botosso (2000). Foto: Thais M. Yoshida

Marcações cambiais

As marcações cambiais consistem na remoção da periderme e do floema (5cm x 0,5cm – dimensões no sentido longitudinal: altura vs. largura) (Figura 5a), sendo que essa remoção expõe e fere a região cambial, gerando uma cicatriz. Análise de amostras coletadas posteriormente permite verificar se os anéis são formados anualmente ou não, baseando-se na relação número de anéis formados e número de anos após o ferimento.

As incisões foram realizadas na face norte do tronco a 1,30 m do solo (DAP), em cinco indivíduos das espécies *A. graveolens*, *B. riedelianum*, *C. xanthocarpa*, *G. kunthiana*, *H. balansae*, *L. muehlbergianus*, *M. discolor* e *N. megapotamica* em outubro de 2009, em agosto de 2010 e em agosto de 2011, totalizando três injúrias por árvore (Figura 5a). A coleta do material da janela cambial foi realizada em agosto de 2012 utilizando um vazador de couro com 12 mm de diâmetro (Figura 5b). Nas incisões e no local da retirada da amostra foi aplicada solução fungicida (Figura 5c). Estas amostras foram levadas para o Laboratório de Ecologia Vegetal da Universidade Estadual de Londrina (LEV), coladas em suportes de madeira e lixadas com uso de lixas de diferentes granulometrias (Figura 5d, e). Após a preparação, os anéis formados posteriores a cicatriz foram analisados.



Figura 5 - Marcações cambiais implantadas no tronco de espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, nos anos de 2009 (1), 2010 (2) e 2011 (3) (a), coleta do material (b) e preparo das amostras (c) aplicação de fungicida no ponto de retirada das amostras (d, e). Foto: Thais M. Yoshida (a), Paulo C. Botosso (b - e).

Coleta das amostras do lenho

Com vista ao reconhecimento macroscópico dos anéis de crescimento e análises dendrocronológicas, as amostras foram retiradas pelo método não destrutivo (Figura 6a, b),

são coladas em suporte de madeira, lixadas e polidas com uso de lixas de diferentes granulometrias em ordem crescente (80-600 grãos por mm²) (Figura 6c, d). Em seguida são aplicados jatos de ar comprimido com a finalidade de desobstruir os vasos e destacar os anéis de crescimento (CHAGAS, 2009). O reconhecimento e a delimitação dos anéis foram feitas com auxílio de um microscópio estereoscópio, em seguida as amostras radiais foram digitalizadas em scanner. As imagens obtidas permitem que a largura dos anéis seja mensurada, para isso, é utilizado o programa Image Pro Plus (ANDREACCI, 2012), um software de análise de imagens, obtendo-se a série temporal.

Após a mensuração da largura dos anéis de crescimento, o controle de qualidade e a verificação da sincronização das séries temporais foram feitos por meio do programa COFECHA (HOLMES, 1983). Este programa faz correlações entre séries temporais segmentadas e a série máster (média de todas as séries temporais) para avaliar sua qualidade (GRISSINO-MAYER, 2001). A partir destas correlações é possível realizar o controle das medições, detectar a presença de falsos anéis bem como possíveis erros na delimitação dos anéis.

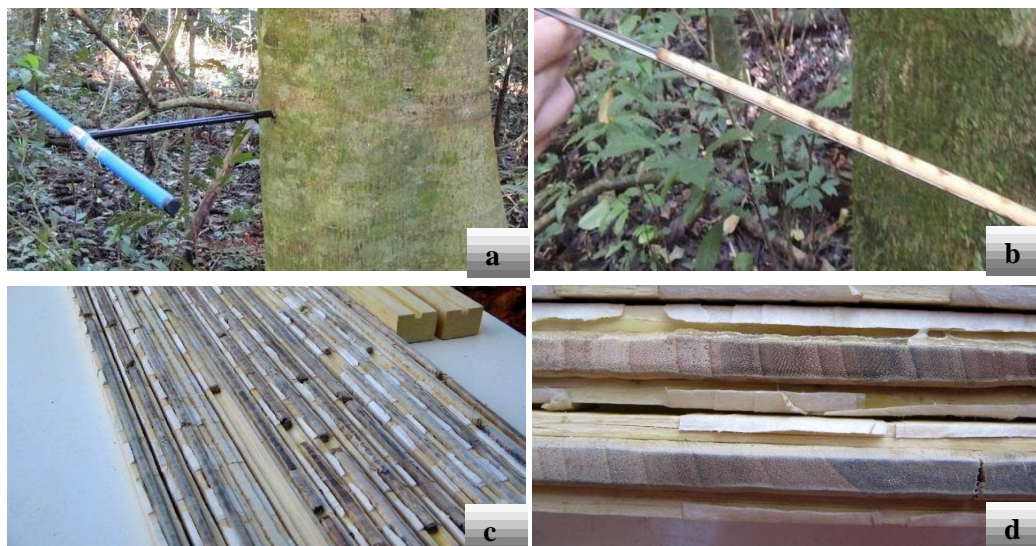


Figura 6 - Coleta das amostras de lenho, pelo método não destrutivo, com o auxílio do trado de incremento, em espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR (a, b) e preparo das amostras coletadas (c, d). Foto: Yves R. Bovolenta (a,b), Paulo C. Botosso (c, d).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIM, P. T. Tree growth periodicity in tropical climates. In: ZIMMERMANN, M. H. (ed.). **The Formation of Wood in Forest Trees**. New York: Academic Press, 1964. p.479-495.

ANDREACCI, F. **Atividade cambial, fenologia vegetativa e ritmo de crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. em áreas de florestas ombrófilas mista e densa do Estado do Paraná: aspectos dendrocronológicos e dendroecológicos.** 2012. 60p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

ASH, J. Tree rings in Tropical *Callistris macleayana* F. Muell. **Australian Journal of Botany**, v.31, p.277-281, 1983.

BIANCHINI, E.; SANTOS, F. M. Herbivoria foliar em *Chrysophyllum gonocarpum* (Sapotaceae) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v.27, n.3, p.285-290, 2005.

BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; SANTOS, F. A. M. Fenologia de *Chrysophyllum gonocarpum* (March & Eichler) Engl. (Sapotaceae) em floresta semidecídua do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.29, n.4, p.595-602, 2006.

BAITELLO, J. B.; HERNANDEZ, F. G. L.; MORAES, P. L. R.; ESTEVES, R.; MARCOVINO, J. R. Lauraceae. In: WANDERLEI, M. G. L.; SHERHERD, G. J.; GIULIETTI, A. M.; MEHLEM, T. S. (Eds.). **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. v.3. São Paulo: Editora Rima, 2003. p.149-223.

BOTOSSO, P. C. **Periodicidade de taxa de crescimento e aspecto de formação de algumas espécies arbóreas em áreas de mata mesófilas semidecíduais na região sudeste do Estado de São Paulo.** 2000. 82p. Relatório Final de Projeto FAPESP/Pós doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba, 2000.

BOTOSSO, P. C.; TOMAZELLO-FILHO, M. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARELLA, W. (Eds.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações.** São Paulo: EDUC, 2001. p.145-171.

BOTOSSO, P. C.; VETTER, R. E.; TOMAZELLO-FILHO, M. Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata* L., Meliaceae), jacareúba (*Calophyllum angulare* A.C.Smith, Clusiaceae) e muirapiranga (*Eperua bijuga* Marth. ex Benth, Leg. Caesalpinioideae) de floresta de terra firme, em Manaus – AM. In: ROIG, A. F. (Ed.). **Dendrocronologia en America Latina.** Mendoza: EDIUNC, 2000. p.357-379.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. **Anillos de crecimiento de árboles maderables en Bolivia: su potencial para el manejo de bosques y una guía metodológica.** Riberalta: Instituto de Geología y Medio Ambiente de La Universidad Mayor de San Andres, 2003. 33p.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. The use of tree rings in tropical forest management: Projecting timber yields of four Bolivian tree species. **Forest Ecology and Management**, v.226, p.256-267, 2006.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Incorporating persistent tree growth differences increases estimates of tropical timber yield. **Ecological Society of America**, v.5, n.6, p. 302-306, 2007.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A.; DURING, J. H. Autocorrelated growth of tropical forest trees: Unraveling patterns and quantifying consequences. **Forest Ecology and Management**, v.237, p.179-190, 2006.

BRITO, A. F. R. **Análise de variação sazonal e das atividades antifúngica e antimicrobiana em óleos essenciais de *Ocotea porosa* (Nees) Barroso e *Nectandra megapotamica* (Spreng.)**. 2009. 123p. Dissertação (Mestrado em Química Orgânica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CALLADO, C. H.; NETO, S. J. S.; SCARANO, F. R.; COSTA, C. G. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **Trees**, v.15, p.492-497, 2011.

CHAGAS, M. P. **Caracterização dos anéis de crescimento e dendrocronologia de árvores de *Grevillea robusta* A. Cunn, *Houvenia dulcis* Thunb., *Persea americana* Mill., *Tabebuia pentaphylla* Hemsl. e *Terminallia catappa* L. nos municípios de Piracicaba e Paulínia, SP**. 2009. 114p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N.; SCHIMMEL, J. P. Ancient tree in Amazonia. **Nature**, v.391, p.135-136, 1998.

CORONA, E. **Dendrochronologia: principi e applicazioni**. Verona: Istituti Italiano di Dendrochronologia, 1986. 103p.

DÜNISCH, O.; MONTÓIA, V. R.; BAUNCH, J. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon. **Trees**, v.17, p.244-250, 2003.

ENQUIST, B. J.; LEFFLER, A. J. Long-term tree ring chronologies from sympatric tropical dry-forest trees: individualistic responses to climate variation. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.17, p.41-60, 2001.

FAHN, A. **Anatomia vegetal**. 3 ed. Madrid: Pirâmide, 1982.

FEBRUARY, E. C.; STOCK, W. D. An assessment of dendrochronological potencial of two *Podocarpus* species. **The Holocene**, v.8, n.6, p.747-750, 1998.

FERREIRA, L. **Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de Florestas Estacionais Semidecíduas da região sudeste do Estado de São Paulo**. 2002. 122p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

FERREIRA-FEDELE, L.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; GIANNOTTI, E. Periodicidade do crescimento de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (guarantã) em duas áreas da região Sudeste do Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.65, p.141-149, 2004.

GOLDENBERG, R. O gênero *Miconia* (Melastomataceae) no Estado do Paraná, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v.18, n.4, p.927-947, 2004.

GONÇALVES, T. A. P. **Contribuição ao conhecimento da anatomia da madeira das famílias: Anacardiaceae, Annonaceae, Aquifoliaceae, Apocynaceae e Araliaceae, através de amostras carbonizadas do lenho de espécies brasileiras.** 2006. 116p. Monografia (Monografia em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

GRISSINO-MAYER, H. D. Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. **Tree-ring Research**, v.25, n.2, p.205-221, 2001.

HOLMES, R. L. Computer assisted quality control in tree-ring dating and measurement. **Tree-ring Bulletin**, v.43, p.69-78, 1983.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. Lista oficial de espécies da flora ameaçadas de extinção no Paraná. 2008. Disponível em: < http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Atividades/pop5_lista_oficial_especies_extincao.pdf > acessado em: 01/03/2013.

IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. Médias Históricas do Município de Londrina. Disponível em: < http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Londrina.htm > acessado em : 01/03/2013.

LISI, C. S.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, F. A.; FERREIRA, V. R. B. FEDELE, M. L.; VOIGT A. R. A. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. **IAWA Journal**, Utrecht, v.29, n.2, p.189-207. 2008.

LOBÃO, M. S. **Dendroconologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. e *Schizolobium parayba* var *amazonicum* Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil.** 2011. 209p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras** – Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v.2. Nova Odessa: Plantarum, 1999. 352p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras** - Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v.1. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 368p.

MASTELIN, S. M.; LIMA, I. L.; ZANON, B. R. LONGUI, E. L.; FLORESHEIM, S. M. B. Densidade básica e dimensões celulares da madeira de *Balfourodendron riedelianum* em função da procedência e variação radial. **Revista do Instituto Florestal**, v.23, n.2, p.217-230, 2011.

MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das angiospermas- Leguminosas.** 2ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2007.

MARIA, V. R. B. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduais.**

2002. 145p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.
- MARIAUX, A. Les cernes dans les bois tropicaux africains nature et periodicit . **Bois et Forêts des Tropiques**, v.114, p.23-37, 1967.
- MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológica, 1989.
- MORALES, M. S.; VILLALBA, R.; GRAU, H. R.; PAOLINI, L. Rainfall-controlled tree growth in high-elevation subtropical treelines. **Ecology**, v.85, n.11, p.3080–3089, 2004.
- OLIVEIRA, J. M.; SANTAROSA, E.; PILLAR, V. P.; ROIG, F. A. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, v.23, n.1, p.107-115, 2008.
- PALERMO, M. P. G.; LATORRACA, F. V. J.; ABREU, S. H. Métodos e técnicas de diagnose de identifica o dos anéis de crescimento de árvores tropicais. **Revista Floresta e Ambiente**, v.9, n.1, p.165-175, 2002.
- PERINA, B. P. **Fenologia de espécies arbóreas de uma floresta estacional do sul Brasil**. 2011. 70p. Disserta o (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.
- PIMENTA, J. A. **Estudo populacional de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. (Myrtaceae) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná**. 1998. 158p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.
- REITZ, P. R. Myrtaceas. In: REITZ, P. R. (Ed.). **Flora ilustrada catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1977.
- RICHTER, H. G.; DALLWITZ, M. J. **Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval**. 2000. Disponível em < <http://delta-intkey.com/wood/pt/index.htm>> acessado em 01/03/2013.
- ROIG, F. A. Dendrocronología en los bosques del Neotrópico: revisión y prospección futura. In: ROIG, F. A. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p.381–431.
- SANTOS, C. M.; LIMA, I. L.; LONGUI, L. E.; ROMEIRO, D.; ZANATTO, A. C. S.; MORAIS, E.; ZANATA, M.; FLORSHEIM, S. M. B. Densidade básica e características anat micas variam radialmente na madeira de *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae). **Revista do Instituto Florestal**, v.23, n.2, p.191-201, 2011.
- SCH NGART, J.; PIEDADE, M. T. F.; LUDWIGSHAUSEN, S.; HORNA, V.; WORBES, M. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**, v.18, p.581-597. 2002.
- SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree rings: basics and applications of dendrochronology**. Dordrecht: D. Reidel, 1988. 276p.

- SILVA, F. C.; SOARES-SILVA, L. H. Arboreal flora of the Godoy Forest State Park, Londrina, Pr, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v.57, p.107-120, 2000.
- SILVEIRA, M. A vegetação do Parque Estadual Mata dos Godoy. In: TOREZAN, J. M (Org.). **Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy**. Londrina: Itedes, 2006. p.19-28.
- SOARES-SILVA, L. H.; KITA, K. K.; SILVA, F. C. Fitossociologia de um trecho de floresta de galeria no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v.3, p.46-62, 1998.
- SOARES-SILVA, L. H.; BIANCHINI, E.; FONSECA, E. P.; DIAS, M. C.; MEDRI, M. E.; ZANGARO FILHO, W. 1992. Composição florística e fitossociologia do componente arbóreo das florestas ciliares da bacia do rio Tibagi. 1. Fazenda Doralice, Ibitiporã, PR. **Revista do Instituto Florestal**, v.4, n.1, p. 199-206, 1992.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias das Angiospermas da flora brasileira, baseado em APGII**. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2005.
- SOUZA, L. A.; MOSCHETA, I. S.; MOURÃO, K. S. M.; ROSA, S. M. Morfo-anatomia da flor de *Guarea kunthiana* A. Juss. e *Guarea macrophylla* Vahl. (Meliaceae). **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v.24, n.2, p.591-600, 2002.
- SPATHELF, P.; TOMAZELLO-FILHO, M.; TONINI, H. Dendroecological analysis of *Ocotea pulchella* and *Nectandra megapotamica* on two sites near Santa Maria, Rio Grande do Sul (Brazil). **Floresta**, v.40, n.4, p.777-788, 2010.
- SUGANUMA, M. S.; BARBOSA, C. E. A.; CAVALHEIRO, A. L.; TOREZAN, J. M. D. Enriquecimento artificial da diversidade de espécies em reflorestamentos: análise preliminar de dois métodos, transferência de serrapilheira e semeadura direta. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v.30, n.2, p.151-158, 2008.
- TOMAZELLO-FILHO, M.; LISI, C.; HANSEN, N.; CURY, G. Anatomical features of increments in different tree species in the State of São Paulo, Brazil. **Scientia Florestalis**, v.66, p.46-55, 2004.
- VALLILO, M. I.; BUSTILLOS, O. V.; AGUIAR, O. T. Identificação de terpenos no óleo dos frutos de *Campomanesia adamantium* (Cambessédes) O. Berg. - Myrtaceae. **Revista do Instituto Florestal**, v.18, p.15-22, 2006.
- VICENTE, R. F. O. Parque Estadual Mata dos Godoy. In: TOREZAN, J. M (Org.). **Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy**. Londrina: Itedes, 2006. p.13-19.
- ZANGARO, W.; ROSTIROLA, L. V.; SOUZA, P. B.; ALVES, R. A.; LESCANO, L. E. A. M.; RONDINA, A. B. L.; NOGUEIRA, M. A.; CARRENHO, R. Root colonization and spore of arbuscular mycorrhizal fungi in distinct successional stages from an Atlantic rainforest biome in southern Brazil. **Mycorrhiza**, v.23, p.221-233, 2013.

WORBES, M. Growth rings, increment and age of trees in inundation forests, savannas and a mountain forest in the Neotropics. **IAWA Bulletin: New Series**, v.10, n.2, p.109-122, 1989.

WORBES, M. Occurrence of seasonal climate and tree-ring research in the tropics. **Lundqua Report**, v.34, p.338-342, 1992.

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees: a review. **IAWA Journal**, v.16, p.337-351, 1995.

WORBES, M.; JUNK, W. J. How old are tropical trees? The persistence of a myth. **IAWA Journal**, v.20, n.3, p.255-260, 1999.

WORBES, M. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a briefs history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, v.20, p.217-231, 2002.

WORBES, M.; STASCHEL, R.; ROLOFF, A; JUNK, W. J. Tree ring analysis reveals age, structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. **Forest Ecology and Management**, v.173, p.105-123, 2003.

PERIODICIDADE E FORMAÇÃO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO EM ESPÉCIES
ARBÓREAS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL
SEMIDECIDUAL NO SUL DO BRASIL

Artigo elaborado seguindo as normas da Revista *Árvore*, para a qual será submetido.

PERIODICIDADE E FORMAÇÃO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO EM ESPÉCIES
ARBÓREAS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL
SEMIDECIDUAL NO SUL DO BRASIL

RESUMO

O crescimento das árvores está relacionado com fatores endógenos, com a fenologia de cada espécie e com variáveis ambientais, como a precipitação e a temperatura. O presente estudo teve como objetivos avaliar o crescimento em circunferência do tronco e sua relação com o ambiente; verificar a anualidade de formação dos anéis de crescimento e elaborar séries temporais radiais dos anéis de crescimento de 10 espécies arbóreas de um fragmento de floresta estacional semidecidual no estado do Paraná, sul do Brasil. Para acompanhar o crescimento em circunferência do tronco, foram instalados dendrômetros permanentes no tronco das árvores a altura de 1,30 m do nível do solo. A verificação do caráter anual de formação dos anéis de crescimento foi realizada por meio de incisões cambiais anuais, segundo metodologia denominada “janelas de *Mariaux*”. As análises das séries temporais de anéis de crescimento foram realizadas a partir de amostras não destrutivas do lenho retiradas com uso de trado de incremento. As taxas de incremento em circunferência do tronco foram correlacionadas com registros de temperatura e precipitação e também com a densidade básica da madeira. Os fatores que influenciaram nas taxas de incremento foram: precipitação do mês corrente e a temperatura dos meses anteriores. Entretanto, a fenologia, a posição sociológica do indivíduo e o grau de tolerância ao sombreamento também podem influenciar na taxa de incremento. A taxa de incremento em circunferência do tronco se correlacionou negativamente com a densidade do lenho. Foi possível detectar os anéis de crescimento de todas as espécies por meio de suas características macroscópicas e, o caráter anual de formação desses anéis foi confirmado para as espécies em estudo, exceto para *A. graveolens*. Apesar das baixas correlações obtidas, após controle das séries temporais analisadas, as espécies arbóreas *A. graveolens* Jacq., *B. riedelianum* (Engl.) Engl., *M. discolor* DC. e *N. megapotamica* (Spreng.) Mez apresentaram características que denotam seu potencial dendrocronológico.

Palavras-chaves: faixas dendrométricas, injúria cambial, sazonalidade climática; sonda de *Pressler*; taxa de incremento.

ABSTRACT

Tree growth is related to endogenous factors, phenology of each species and environmental variables, such as temperature and precipitation. The present study aimed to evaluate the growth in circumference of the trunk and its relationship with the environment; to verify the annuity of formation of growth rings and to elaborate temporal series by counting and measuring growth rings of trees in a fragment of seasonal semideciduous forest in the state of Paraná, southern Brazil. Dendrometers were implanted in the trunk of the trees, at 1.30 m from ground level, to accompany the circumference growth. Cambial injuries were made in the trunks of individuals to check if the rings were formed annually. Analyzis of temporal series were made from wood samples removed by increment borer. The analyses of the temporal series of growth rings were made from samples of non-destructive wood removed with the use of increment borer. The growth rates in trunk circumference were correlated with temperature and precipitation records and also with wood density. The factors that influence the rates of increase were: precipitation of the current month and temperature of the previous months. However, the phenology, the individuals' sociological position and shade tolerance can also influence the increment rate. The growth rate in trunk circumference was negatively correlated with wood density. It was possible to detect the growth rings of all species through its macroscopic characteristics and the annual formation of these rings was confirmed for these species, except for *A. graveolens*. In despite of low correlations after controlling series, the species *A. graveolens* Jacq., *B. riedelianum* (Engl.) Engl., *M. discolor* DC. and *N. megapotamica* (Spreng.) Mez have potential for dendrochronological studies.

Key words: cambial injury; climatic seasonality; dendrometers; increment rate; borer probe increment.

1. INTRODUÇÃO

Diversos estudos têm empregado faixas dendrométricas permanentes com a finalidade de avaliar continuamente o incremento em circunferência do tronco de espécies arbóreas subtropicais e tropicais (VETTER e BOTOSSO, 1988; DÉTIENNE, 1989; SCHONGART et al., 2002; FERREIRA-FEDELE et al., 2004; LISI et al., 2008) devido às possibilidades de análises, das facilidades na montagem, instalação, manutenção e leitura em campo além do baixo custo (BOTOSSO e TOMAZELLO FILHO, 2001).

As faixas dendrométricas permitem detectar a periodicidade da atividade cambial (TOMAZELLO FILHO e CARDOSO, 1999). Segundo Fahn et al. (1981), essa periodicidade está associada á temperatura, comprimento do dia, precipitação e/ou aos fatores endógenos de cada espécie.

A formação dos anéis de crescimento anuais no lenho das árvores depende da dormência e da ativação do câmbio em resposta às estações de crescimento (HEINRICH e BANKS, 2006). Segundo Worbes (1992, 1995), as estações de crescimento são bem definidas em regiões temperadas, subtropicais e também em muitas regiões tropicais, onde a redução da precipitação é o principal fator envolvido nesta periodicidade. Este padrão periódico de crescimento em regiões tropicais permite o uso de métodos dendrocronológicos, que foram inicialmente desenvolvidos para regiões temperadas (SCHWEINGRUBER, 1988).

Entretanto, a presença de camadas de crescimento periódicas em árvores tropicais não implica, necessariamente, na ocorrência de um ritmo de crescimento anual. Por exemplo, Jacoby (1989) e Gourlay (1995), em estudos desenvolvidos no leste da África, observaram a formação de dois anéis anuais, em decorrência de duas estações secas registradas ao ano.

Outras situações podem dificultar a determinação exata da idade da árvore como, por exemplo, curtos períodos secos durante a estação chuvosa (veranicos). A ocorrência dos veranicos pode induzir a formação de dois ou mais anéis de crescimento em um ano. Outro fator que também pode dificultar a datação é a presença de anéis de crescimento descontínuos, que não formam um círculo completo em torno da medula (BOTOSSO e MATTOS, 2002).

Segundo Roig (2000), a detecção das camadas distintas em um anel é um requisito para o estudo da periodicidade do crescimento, da taxa de formação e do crescimento do

lenho das árvores. Para a determinação da periodicidade de formação dos anéis de crescimento, Mariaux, em 1967, desenvolveu a técnica de marcação cambial, também chamada de “Janelas de Mariaux”. Esta técnica, de acordo com Worbes (1995), fornece informação precisa sobre o ritmo de crescimento das árvores.

A mensuração contínua das faixas dendrométricas possibilita a médio e longo prazo, o entendimento do crescimento dos indivíduos nas populações florestais. Associados à análise da periodicidade de formação dos anéis de crescimento e de marcações cambiais datadas, é possível determinar a idade e a taxa de crescimento das árvores, identificando as espécies potenciais para estudos dendrocronológicos e indicadores ambientais (BOTOSSO e TOMAZELLO-FILHO, 2001).

Diversos estudos têm confirmado a periodicidade do crescimento e a formação de anéis de crescimento anuais em árvores da floresta estacional semidecidual (FERREIRA, 2002; LISI et al., 2008; MARCATI et al., 2006) e tem atribuído esta periodicidade à sazonalidade climática aliada ao comportamento fenológico das espécies.

O presente estudo tem como objetivos avaliar o crescimento em circunferência do tronco e sua relação com a temperatura e a precipitação; verificar o caráter de formação anual ou não dos anéis de crescimento; e elaborar séries temporais radiais dos anéis de crescimento de espécies arbóreas de um fragmento de floresta estacional semidecidual no estado do Paraná, sul do Brasil. Para isto, foram levantadas as seguintes questões: as espécies arbóreas selecionadas apresentariam anéis anuais de crescimento decorrentes das condições climáticas da região de estudo? Em caso de formação anual dos anéis de crescimento, essas espécies arbóreas teriam potencial para o desenvolvimento de estudos dendrocronológicos e dendroecológicos?

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido no Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), (centro de visitantes - 23°27'S e 51°15'W), localizado no município de Londrina, Paraná, no limite sul da região tropical. O PEMG possui uma área de 680 ha de Floresta Estacional Semidecidual, sendo uma das maiores Unidades de Conservação do Paraná (BIANCHINI et al., 2003). Embora a matriz circundante seja composta por pastagens, cultivos agrícolas, capoeiras e áreas reflorestadas (SOARES-SILVA e BARROSO, 1992; BIANCHINI et al., 2003;

BIANCHINI et al., 2006), o PEMG está conectado a outros fragmentos adjacentes, totalizando uma área de 2800 ha (VICENTE, 2006).

Segundo Vicente (2006) a floresta do parque está situada sobre os solos mais férteis do mundo, derivados de rocha basáltica. Em quase metade de sua área o relevo é suave ocorrendo o latossolo roxo eutrófico e terra roxa estruturada eutrófica, estes solos são bem estruturados e profundos.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, caracterizado como mesotérmico. De acordo com o registro histórico (de 1976 a 2009) possui temperatura média anual de 20,9°C e média pluviométrica anual de 1612,5 mm, sendo dezembro (229,2 mm) e agosto (50,5 mm) os meses de maior e menor precipitação, respectivamente. O mês de maior temperatura é janeiro com 23,9°C e o de menor junho com 16,9°C (PERINA, 2011). A pluviosidade durante o verão é duas vezes maior que no inverno, caracterizando duas estações bem definidas quanto à precipitação (BIANCHINI e SANTOS, 2005). Os dados de precipitação e temperatura do município de Londrina foram cedidos pelo IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná).

As amostragens foram realizadas mensalmente durante julho de 2011 a outubro de 2012. Porém, como a obtenção dos dados foi realizada ao redor do dia 15 de cada mês, os valores da temperatura e precipitação são referentes ao período entre as coletas, ou seja, do dia 16 do mês anterior ao dia 15 do mês corrente (Figura 1). Diferentemente da série histórica, a precipitação foi maior em agosto de 2011 e excessivamente alta em junho de 2012. Ao contrário, em setembro e dezembro de 2011 e em fevereiro e março de 2012, a precipitação foi bem abaixo do esperado pela série histórica.

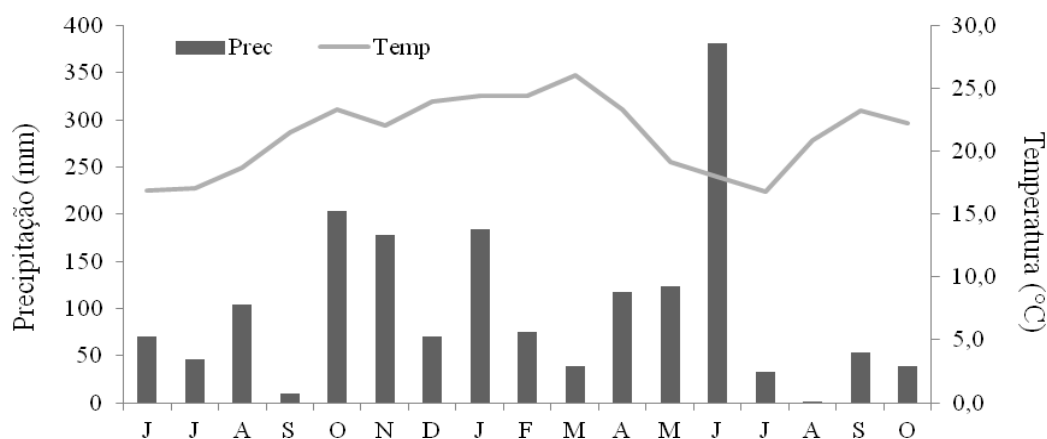


Figura 1- Precipitação total e temperatura média para o município de Londrina, Paraná, sul do Brasil, no período de junho de 2011 a outubro de 2012.

2.2. Espécies selecionadas

Para o estudo foram selecionadas 10 espécies arbóreas (Tabela 1). Para a seleção das espécies, foram considerados: (i) o índice de valor de importância (SILVA e SOARES-SILVA, 2000), (ii) a deciduidade (PERINA, 2011), (iii) a abundância no fragmento, (iv) a importância fisionômica e (v) sua importância econômica. O apêndice 1 apresenta os dados de altura e circunferência à altura do peito (~ 1,3 m do solo) de cada indivíduo amostrado.

Tabela 1- Espécies arbóreas e o número de indivíduos amostrados no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR.

Família	Espécie	N	CAP ¹	D ²	T ³	C ⁴
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	14	37-96	S	I	2
Euphorbiaceae	<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp.	12	79,4-210	P	I	3
Fabaceae	<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl.	12	46-136	D	I	1
	<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	15	48-198	S	T	2
Lauraceae	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	14	46,5-113	P	T	1
Malvaceae	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	11	48-109	S	I	2
Meliaceae	<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	15	42-71	P	T	3
Melastomataceae	<i>Miconia discolor</i> DC.	14	34-82	P	T	1
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	15	42-132	S	T	2
	<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	14	40-107	S	I	1

¹ CAP – valores mínimo e máximo do CAP (cm) dos indivíduos. ²Deciduidade segundo Perina (2011): P – perene, S - semidecídua, D – decídua. ³Tolerância ao sombreamento: T – tolerantes, I - intolerantes. ⁴ Característica do anel: (1) distintos, (2) pouco distintos, (3) indistintos.

2.3. Coleta e análise dos dados

2.3.1. Faixas dendrométricas

Com a finalidade de avaliar continuamente o incremento em circunferência do tronco, foi utilizado o método “dinâmico” descrito por Fahn et al. (1981). Este método consiste na implantação de faixas dendrométricas permanentes (dendrômetros), à altura do peito (DAP a 1,30 m do nível do solo) no tronco das árvores. Os dendrômetros foram confeccionados com fitas de aço inoxidável com escala graduada em milímetros, com precisão na leitura de 0,2mm (BOTOSSO e TOMAZELLO FILHO 2001) no incremento em circunferência.

As faixas dendrométricas foram implantadas em número variável de 11 a 15 indivíduos adultos por espécie (Tabela 1). As mensurações das faixas foram realizadas mensalmente de julho de 2011 a outubro de 2012.

As taxas de incremento médio mensal em circunferência (variável dependente) foram correlacionadas com a precipitação total e com a temperatura média do mês corrente (variáveis independentes), pelo coeficiente de correlação de Spearman ($p < 0,05$). Com a finalidade de verificar a influência da temperatura e da precipitação dos meses anteriores sobre a atividade cambial, as taxas de incremento em circunferência do tronco observadas foram correlacionadas com a temperatura média e com a precipitação total de um e de dois meses anteriores, por meio do coeficiente de correlação de Spearman ($p < 0,05$).

Com a finalidade de comparar o incremento médio anual em circunferência entre as espécies foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste a posteriori de Mann-Whitney.

2.3.2. Amostras de lenho

As etapas de reconhecimento e delimitação macroscópica dos limites dos anéis de crescimento foram realizadas com auxílio de um estereomicroscópio Leica, seguindo-se as características de reconhecimento consideradas segundo as normas IAWA (1989).

A identificação e caracterização macroscópicas dos anéis de crescimento foram realizadas a partir de amostras de lenho obtidas pelo método não destrutivo, conforme descritos por Worbes (1995) e Palermo et al. (2002). Esse método consiste na retirada de uma pequena amostra cilíndrica de lenho com 5 mm de diâmetro, comumente denominadas “baquetas”, com o auxílio de um trado de incremento (Sonda de *Pressler*).

A retirada destas baquetas foi feita em novembro e dezembro de 2009, em cinco indivíduos das espécies *A. graveolens*, *B. riedelianum*, *M. discolor* e *N. megapotamica*. De cada árvore foram extraídas de duas a quatro amostras radiais diametralmente opostas no sentido da periderme para medula, à altura do peito (DAP ~ 1,30 m do nível do solo).

Após a extração, as mesmas foram levadas para o Laboratório de Ecologia Vegetal (LEV) da Universidade Estadual de Londrina onde foram fixadas sobre suportes de madeira. Após a secagem, estas foram submetidas ao polimento superficial em seção transversal, utilizando-se lixas de diferentes granulometrias (e.g.: 100, 180, 220, 360, 400, 600 grãos por cm^2) com uso de lixadeira orbital, até a obtenção de uma superfície suficientemente nítida e contrastada para análise macroscópica dos limites dos anéis de crescimento. Na sequência,

os anéis de crescimento foram delimitados e contados, com o auxílio de um microscópio estereoscópico. Posteriormente, as amostras de madeira foram digitalizadas em *scanner* (1200 dpi de resolução), seguindo-se com a determinação da largura dos anéis de crescimento pela aplicação do programa de análise de imagens Image Tool Alpha 3 (0,001 mm de precisão) (LOBÃO, 2011).

O controle das medições de largura dos anéis de crescimento foi realizado com uso do programa COFECHA (LOBÃO, 2011). Este programa possibilita o controle de qualidade das séries de anéis de crescimento através da datação cruzada (cross-dating) das amostras provenientes de uma mesma árvore mostrando a melhor correlação entre elas por meio de correlação de Pearson (nível de significância 99%), obtendo-se então, a série cronológica daquele indivíduo (COSTA, 2011). Segundo Morales et al. (2004) é por meio do coeficiente de correlações das séries de larguras dos anéis que o COFECHA indica os possíveis anéis falsos e faltantes.

A partir das larguras dos anéis de crescimento em cada série foram calculados o incremento radial acumulado (IRA, em mm) a cada ano e o incremento médio anual (IMA, em mm ano^{-1}) (FERREIRA, 2012).

2.3.3. Marcação cambial

Para determinar o ritmo de formação dos anéis de crescimento das espécies selecionadas foi aplicado o método de marcação cambial idealizado por Mariaux (MARIAUX, 1967). Este método consiste na abertura de uma pequena incisão de 5 cm x 0,5 cm (comprimento x largura) na casca das árvores de modo a atingir o câmbio vascular. A lesão formada nesta região cambial gera uma cicatriz, e com o tempo, essa lesão é regenerada naturalmente pela formação de um tecido caloso (WORBES, 1995; BOTOSSO e TOMAZELLO-FILHO, 2001). Assim, após a injúria, é possível determinar o número de anéis formados após o ferimento e concluir sobre o caráter de anualidade de formação dos mesmos.

Estas incisões foram realizadas na face norte do tronco a 1,30 m do solo (DAP), em cinco indivíduos das espécies *A. graveolens*, *B. riedelianum*, *C. xanthocarpa*, *G. kunthiana*, *H. balansae*, *L. muehlbergianus*, *M. discolor* e *N. megapotamica* em outubro de 2009, em agosto de 2010 e em agosto de 2011, totalizando três injúrias por árvore. A coleta do material da janela cambial foi realizada em agosto de 2012 utilizando um vazador de couro com 12 mm de diâmetro. Estas amostras foram levadas para o LEV, coladas em suportes de

madeira e lixadas com uso de lixas de diferentes granulometrias. Após a preparação, os anéis formados posteriores a cicatriz foram analisados.

As melhores amostras das cicatrizes cambiais foram selecionadas e fotografadas com o auxílio de um microscópio estereoscópico com câmera fotográfica acoplada

2.3.4. Densidade básica da madeira

Com a finalidade de avaliar se as taxas de incremento anual, obtida por meio das faixas dendrométricas ou das larguras dos anéis de crescimento, estariam também relacionadas à densidade básica da madeira, foi coletada uma amostra de lenho em cinco indivíduos de cada espécie. Estas amostras radiais foram coletadas no sentido periderme-medula, com o trado de incremento. As amostras foram segmentadas em subamostras de aproximadamente dois centímetros e a densidade básica da madeira foi estimada, segundo a metodologia proposta pela norma 11941 da ABNT (2003).

A densidade básica da madeira de cada espécie foi comparada entre si pelo teste de Kruskal Wallis seguidos pelo teste a posteriori de Mann-Whitney. Para avaliar se as taxas de incremento em circunferência estavam correlacionadas com a densidade do lenho utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman ($p < 0,05$)

3. RESULTADOS

3.1. Análise das faixas dendrométricas

A espécie com maior taxa de incremento em circunferência do tronco foi *H. americanus*, enquanto que o menor incremento foi observado para *L. muehlbergianus* (Tabela 2). Para as demais espécies, não se observou diferenças claras entre as taxas de incremento.

Astronium graveolens apresentou a maior densidade básica, enquanto que *Heliocarpus americanus* a menor, porém ambas apresentaram altas taxas de incremento em circunferência (Tabela 2). No entanto, observou-se correlação negativa entre a densidade do lenho e a taxa de incremento em circunferência do tronco das espécies (Figura 2).

Heliocarpus americanus, quando comparado às demais espécies, apresentou as maiores taxas de incremento durante todos os meses (Figura 3A), o que explica sua elevada taxa de incremento acumulado durante o período de estudo.

Tabela 2 - Incremento acumulado em circunferência do tronco (IA), no período de agosto de 2010 a outubro de 2011 e a densidade básica do lenho de espécies do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. Médias (\pm erro padrão) seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$). N = número de indivíduos amostrados.

Espécies	IA (mm)	N	Densidade (g cm^{-3})	N
<i>Astronium graveolens</i>	25,69 \pm 7,15 a	14	0,76 \pm 0,34 ab	5
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	17,24 \pm 4,63 ab	14	0,68 \pm 0,30 a	5
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	6,61 \pm 2,86 bc	15	0,65 \pm 0,33 bc	5
<i>Guarea kunthiana</i>	10,50 \pm 2,67 bcd	15	0,55 \pm 0,28 cd	5
<i>Heliocarpus americanus</i>	49,95 \pm 15,04 a	11	0,23 \pm 0,10 f	5
<i>Holocalyx balansae</i>	11,55 \pm 13,78 cd	15	0,75 \pm 0,33 a	5
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	5,74 \pm 1,63 d	12	0,58 \pm 0,29 cd	5
<i>Miconia discolor</i>	17,09 \pm 4,61 abc	14	0,53 \pm 0,26 d	5
<i>Nectandra megapotamica</i>	20,93 \pm 6,85 abc	14	0,55 \pm 0,31 cd	5
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	29,75 \pm 9,55 a	12	0,39 \pm 0,17 e	5

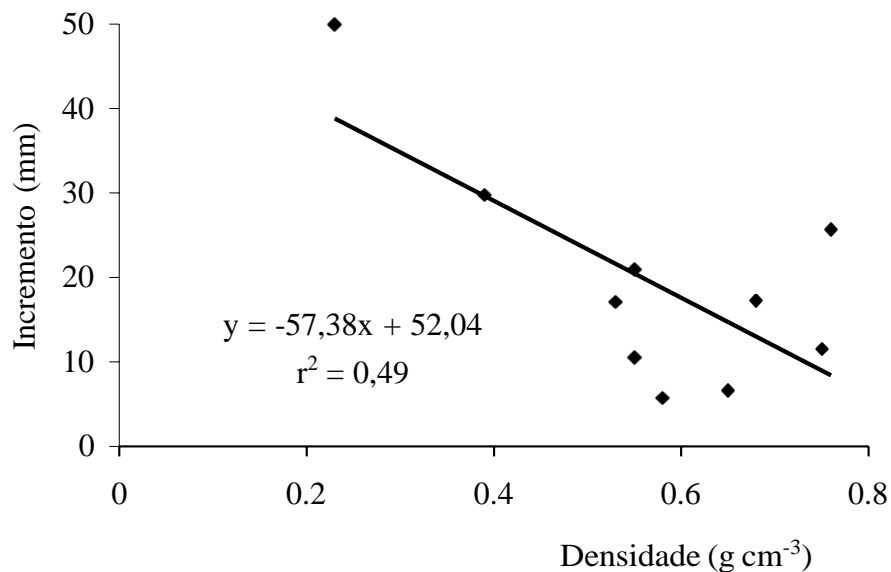


Figura 2 - Correlação entre o incremento médio anual em circunferência (mm) do tronco e densidade básica (g cm^{-3}) do lenho de dez espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR.

As taxa de incremento foram positivas durante todo o período amostrado para *H. americanus* e *M. discolor* (Figura 3A, B), porém para a segunda, as flutuações da taxa foram menores entre os meses (Figura 3B). Com exceção de setembro de 2011, *Astronium*

graveolens, *N. megapotamica* e *T. rubrivenium* também apresentaram taxas positivas de incremento em circunferência (Figura 3C - E). As demais espécies apresentaram taxas de incremento reduzidas e mesmo negativas em agosto e setembro de 2011 e de julho a outubro de 2012 (Figura 4A - E), períodos em que houve baixa precipitação.

A taxa de incremento médio mensal em circunferência e a precipitação do mês corrente se correlacionaram positivamente nas espécies *A. graveolens*, *B. riedelianum*, *C. xanthocarpa*, *H. americanus*, *M. discolor*, *N. megapotamica* e *T. rubrivenium* (Tabela 3).

Em *C. xanthocarpa*, o incremento médio mensal em circunferência também se correlacionou com a temperatura do mês corrente e dos meses anteriores. Também houve correlação dos incrementos em circunferência de *A. graveolens*, *G. kunthiana*, *H. americanus* e *L. muehlbergianus* com a temperatura de um ou de dois meses anteriores (Tabela 3).

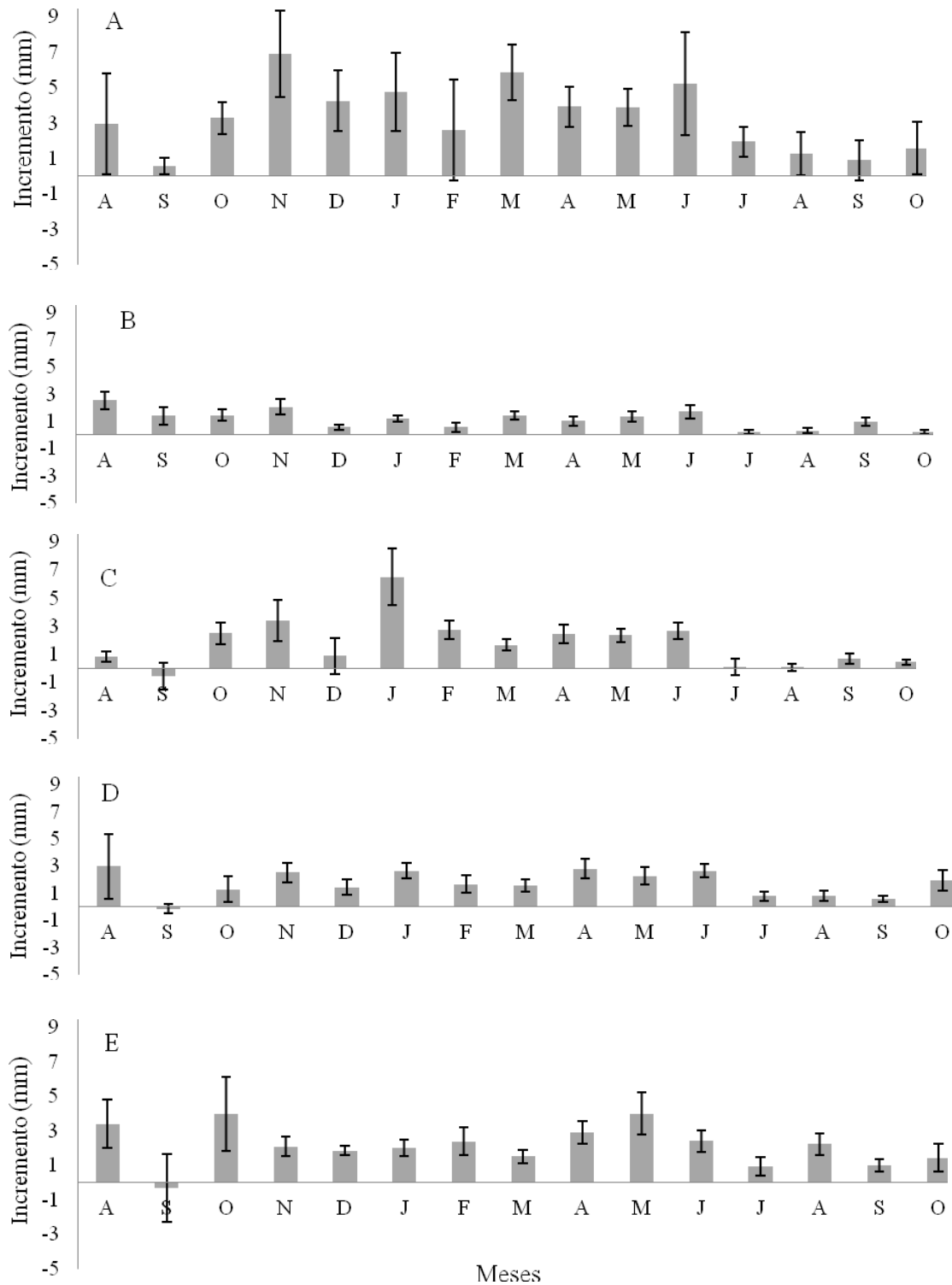


Figura 3 - Incremento médio mensal em circunferência do tronco de *Heliocarpus americanus* (A), *Miconia discolor* (B), *Astronium graveolens* (C), *Nectandra megapotamica* (D) e *Tetrorchidium rubrivenium* (E) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil, no período de Agosto de 2011 a Outubro de 2012. As barras representam o incremento médio mensal com o erro padrão.

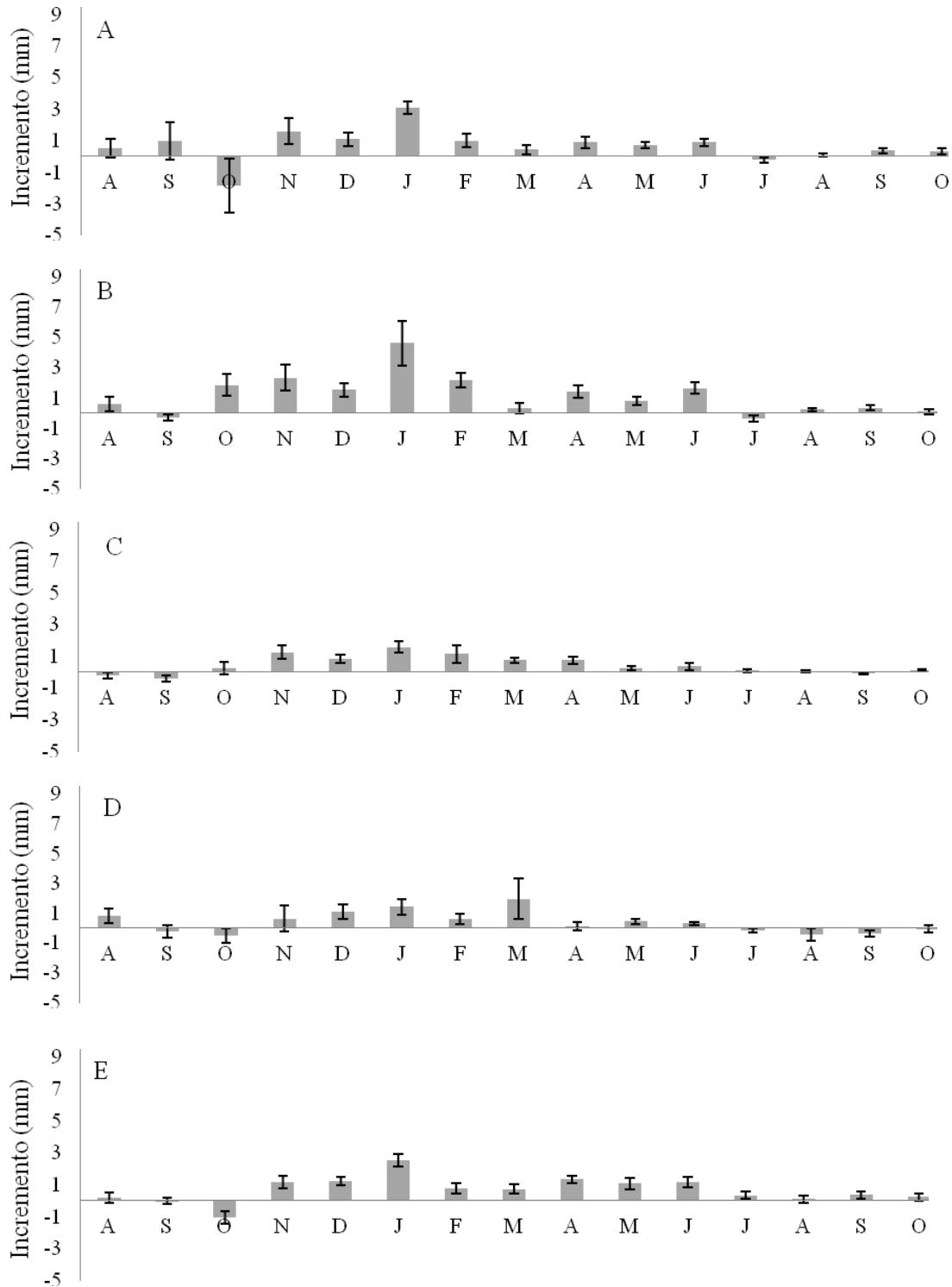


Figura 4 - Incremento médio mensal em circunferência do tronco de *Holocalyx balansae* (A), *Balfourodendron riedelianum* (B), *Campomanesia xanthocarpa* (C), *Lonchocarpus muehlbergianus* (D) e *Guarea kunthiana* (E) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil, no período de Agosto de 2011 a Outubro de 2012. As barras representam o incremento médio mensal com o erro padrão.

Tabela 3 - Coeficiente de Correlação de Spearman entre o incremento médio em circunferência do tronco de espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR e os dados climáticos da região. Ag- *Astronium graveolens*; Br- *Balfourodendron riedelianum*; Cx – *Campomanesia xanthocarpa*; Gk – *Guarea kunthiana*; Ha – *Heliocarpus americanus*; Hb – *Holocalyx balansae*; Lm – *Lonchocarpus muehlbergianus*; Md – *Miconia discolor*; Nm- *Nectandra megapotamica* e Tr – *Tetrorchidium rubrivenium*. P, Precipitação do mês corrente; P1, Precipitação do mês anterior; P2, Precipitação de dois meses anteriores; T, Temperatura média do mês corrente; T1, Temperatura média do mês anterior; T2, Temperatura média de dois meses anteriores.

	P	P1	P2	T	T1	T2
Ag	0,864***	0,217	-0,028	0,487	0,649*	0,547*
Br	0,838***	0,138	0,032	0,477	0,509	0,430
Cx	0,534*	0,415	0,191	0,630*	0,781**	0,655*
Gk	0,485	0,362	0,677	0,384	0,614*	0,646*
Ha	0,671*	0,354	0,243	0,355	0,599*	0,655*
Hb	0,345	0,499	-0,066	0,366	0,475	0,380
Lm	0,278	0,436	0,186	0,474	0,562*	0,512
Md	0,598*	-0,045	-0,143	0,027	0,085	0,124
Nm	0,647*	0,050	-0,089	0,087	0,477	0,361
Tr	0,672*	-0,186	0,025	-0,045	0,236	0,417

* p<0,05 **p<0,001 ***p<0,0001

3.2. Análise dos anéis de crescimento

Para as análises dos anéis de crescimento foram mensuradas, ao todo, 16 árvores totalizando 42 séries temporais. *Nectandra megapotamica* foi a espécie com mais séries analisadas (12) e a que possuiu a maior extensão (1932 a 2009) (Tabela 4).

Nenhuma das espécies analisadas apresentou correlação significativa com sua respectiva série máster, apresentando valores de intercorrelação inferiores aos da correlação crítica (Tabela 4). Porém, a espécie que apresentou o maior valor de intercorrelação foi *Miconia discolor* e a espécie que mais se aproximou da correlação crítica com sua respectiva máster foi *A. graveolens* (Tabela 4).

Tabela 4 - Qualidade da sincronização das séries temporais dos anéis de crescimento de *Astronium graveolens* (Ag), *Balfourodendron riedelianum* (Br), *Miconia discolor* (Md) e *Nectandra megapotamica* (Nm) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR.

Espécie	Número de Árvores (amostras)*	Extensão das séries temporais	Intercorrelação	Correlação crítica	Fragmentação
Ag	4 (11)	1957-2009	0,321	0,515	20/10
Br	3 (9)	1945-2009	0,290	0,515	20/10
Md	4 (10)	1981-2009	0,351	0,715	10/5
Nm	5 (12)	1932-2009	0,312	0,515	20/10

* O número entre parênteses representa o número de séries temporais usadas em cada correlação.

Nos estratos superiores da floresta, onde a luz não é um fator limitante foram encontradas as maiores médias etárias. *Nectandra megapotamica*, que ocupa o dossel, obteve a maior média etária (64 anos) e o indivíduo mais longevo (78 anos). As espécies *B. riedelianum* e *A. graveolens*, ambas emergentes (SILVA e SOARES-SILVA, 2000) apresentaram média etária de 49 e 47 anos, respectivamente. *Miconia discolor*, que, segundo Goldenberg (2004), é uma espécie de sub-bosque obteve a menor média etária (22 anos) bem como o indivíduo mais jovem de todas as árvores analisadas (18 anos).

O número de séries temporais utilizadas para gerar a série máster (Cofecha) das espécies a cada ano está representado nas Figuras 5A, B e 6A, B, 7A, B e 8A, B.

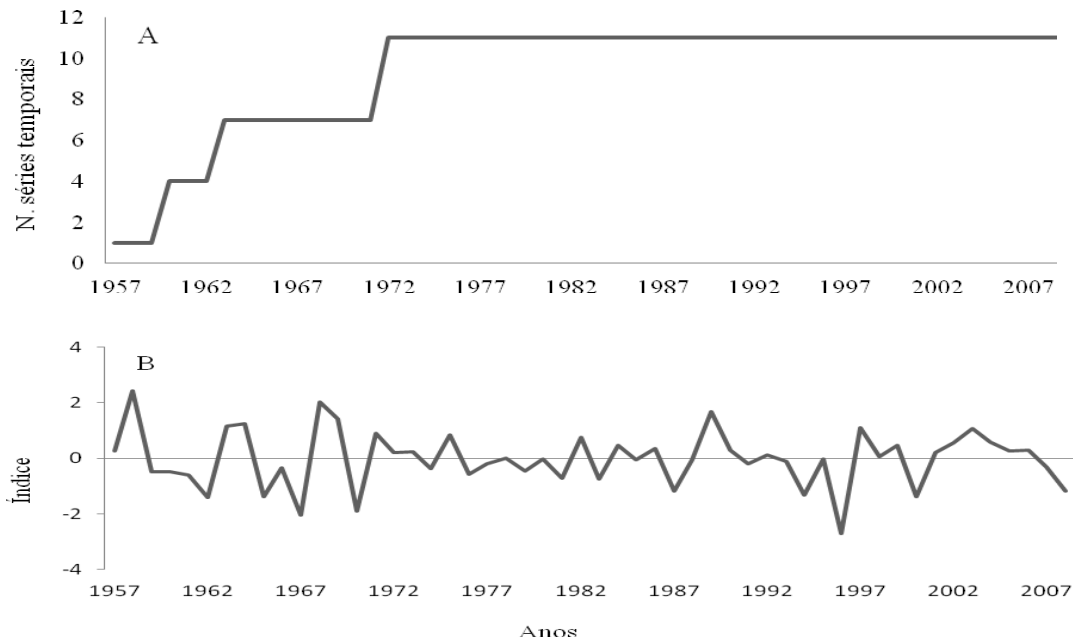


Figura 5 - Número de séries temporais utilizadas (A) e série máster (B) da espécie *Astronium graveolens* obtida pelos índices de anéis de crescimento pelo software COFECHA, a partir de amostras coletadas no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. No eixo X estão representadas as extensões das séries temporais, de acordo com a Tabela 5.

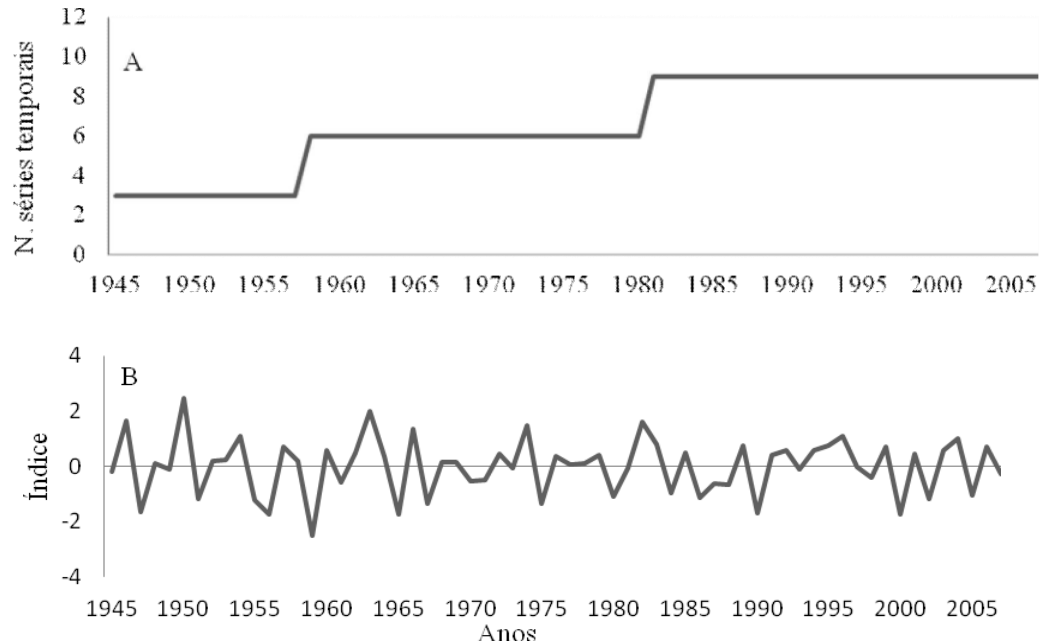


Figura 6 - Número de séries temporais utilizadas (A) e série máster (B) da espécie *Balfourodendron riedelianum* obtida pelos índices de anéis de crescimento pelo software COFECHA, a partir de amostras coletadas no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. No eixo X estão representadas as extensões das séries temporais, de acordo com a Tabela 5.

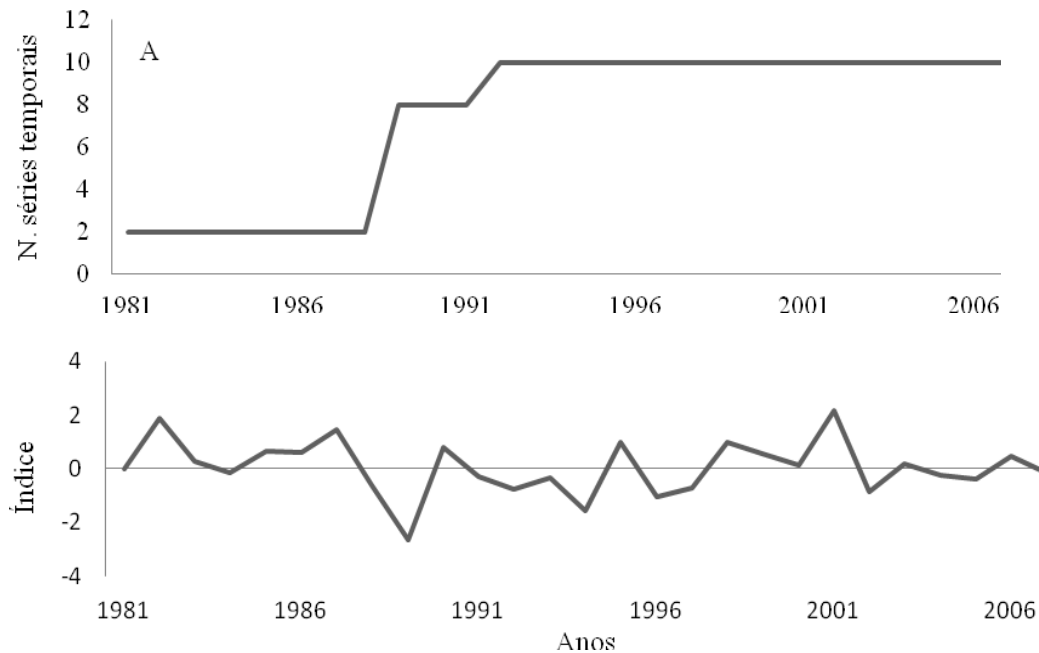


Figura 7 - Número de séries temporais utilizadas (A) e série máster (B) da espécie *Miconia discolor* obtidas pelos índices de anéis de crescimento pelo software COFECHA, a partir de amostras coletadas no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. No eixo X estão representadas as extensões das séries temporais, de acordo com a Tabela 5.

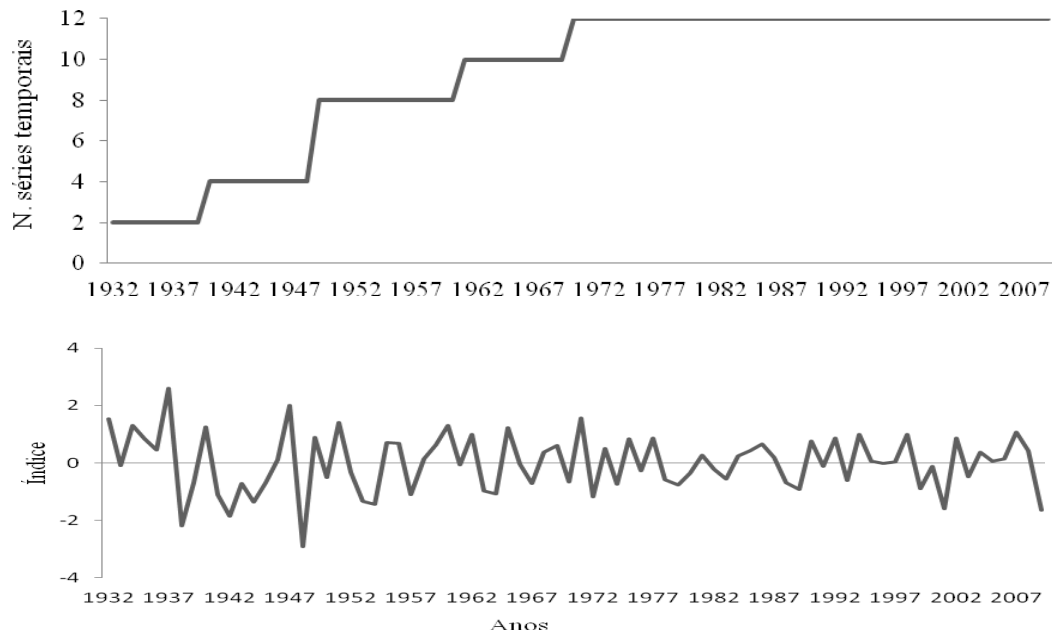


Figura 8 - Número de séries temporais utilizadas (A) e série máster (B) da espécie *Nectandra megapotamica* obtidas pelos índices de anéis de crescimento pelo software COFECHA, a partir de amostras coletadas no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. No eixo X estão representadas as extensões das séries temporais, de acordo com a Tabela 5.

Tendo em vista que o IRA é o incremento radial acumulado ao longo dos anos, *Nectandra megapotamica*, por possuir a série cronológica mais longa (1932 a 2009) obteve o maior valor do IRA, enquanto que *Miconia discolor* apresentou o menor valor de IRA (Figura 9), em razão da série cronológica mais curta (1981 a 2009).

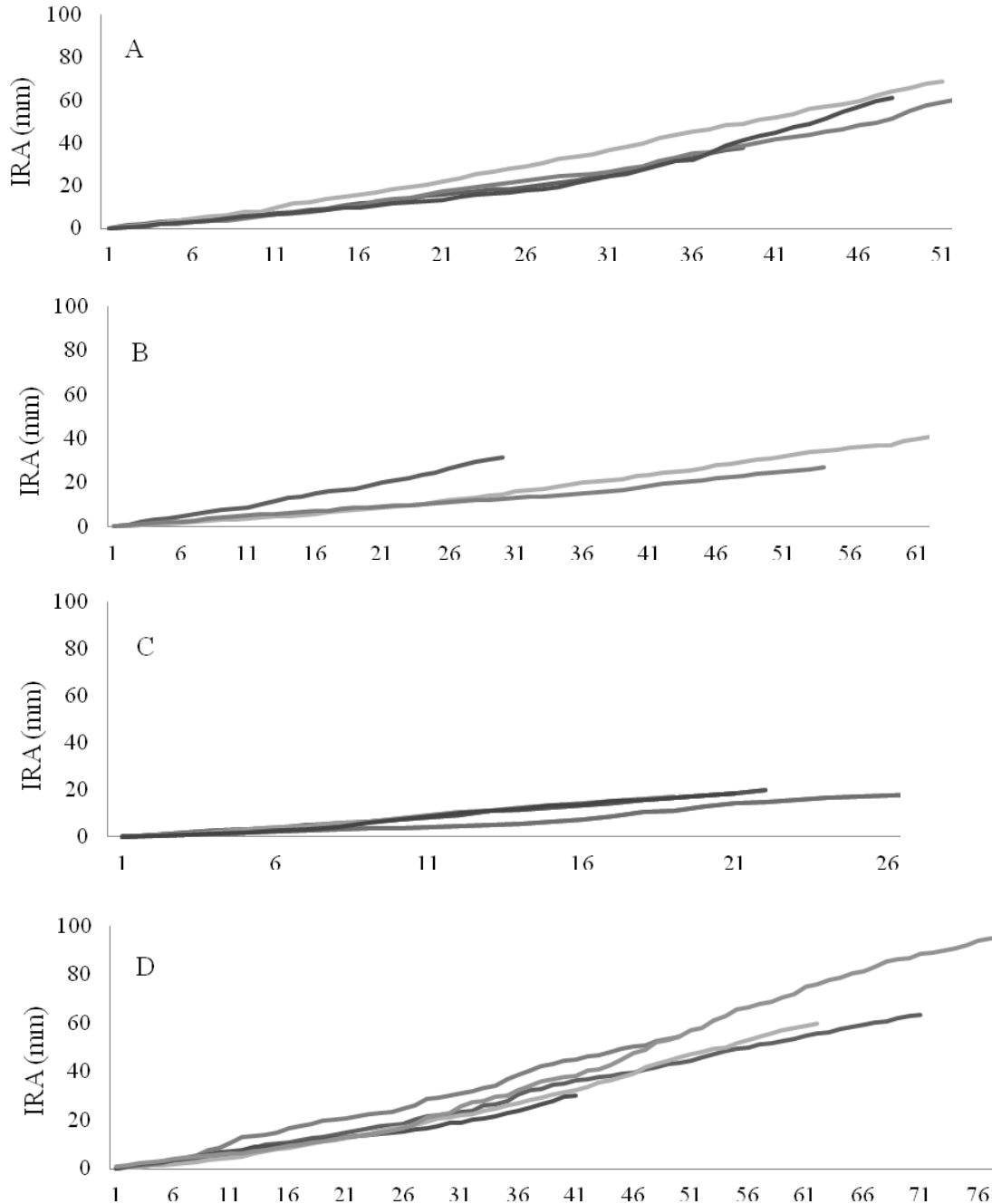


Figura 9 - Incremento radial acumulado (IRA) por indivíduos de *Astronium graveolens* (A), *Balfourodendron riedelianum* (B), *Miconia discolor* (C) e *Nectandra megapotamica* (D) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. No eixo X está representado o número de anos de cada série.

A espécie com maior incremento médio anual (IMA) foi *Astronium graveolens*, que também apresentou a maior densidade básica, enquanto que o menor IMA foi registrado em *Balfourodendron riedelianum* (Tabela 5).

Tabela 5 - Incremento médio anual (IMA) e a densidade básica (DB) de quatro espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR.

Espécie *	IMA (mm ano ⁻¹)	DB (g cm ⁻³)*
<i>Astronium graveolens</i> (11)	1,223	0,76 (5)
<i>Balfourodendron riedelianum</i> (9)	0,762	0,68 (5)
<i>Miconia discolor</i> (10)	0,871	0,53 (5)
<i>Nectandra megapotamica</i> (12)	0,986	0,55 (5)

* O número entre parênteses representa a quantidade de amostras utilizadas.

3.3. Observação macroscópica dos anéis de crescimento e marcação cambial

Os anéis de crescimento de *A. graveolens* são pouco distintos, possuem porosidade difusa com presença de espessamento gradual da parede das fibras e achatamento radial (Figura 10A, B). Os anéis de *B. riedelianum* são distintos, possuem porosidade difusa e são delimitados por parênquima axial marginal (Figura 10C, D). Para *Miconia discolor* e *N. megapotamica* os anéis de crescimento são distintos, apresentam porosidade difusa e a delimitação dos anéis de crescimento é marcada pelo maior espessamento e achatamento radial das paredes das fibras no lenho tardio (Tabela 6) (Figura 10E - H).

Tabela 6 - Características dos anéis de crescimentos de quatro espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina - Pr.

Espécie	Porosidade	Característica do anel	Visibiliade
<i>A. graveolens</i>	difusa	Espessamento gradual da parede das fibras e achatamento radial.	Pouco distinto
<i>B. riedelianum</i>	difusa	Parênquima axial marginal.	distinto
<i>M. discolor</i>	difusa	Maior espessamento e achatamento radial da parede das fibras no lenho tardio.	distinto
<i>N. megapotamica</i>	difusa		distinto

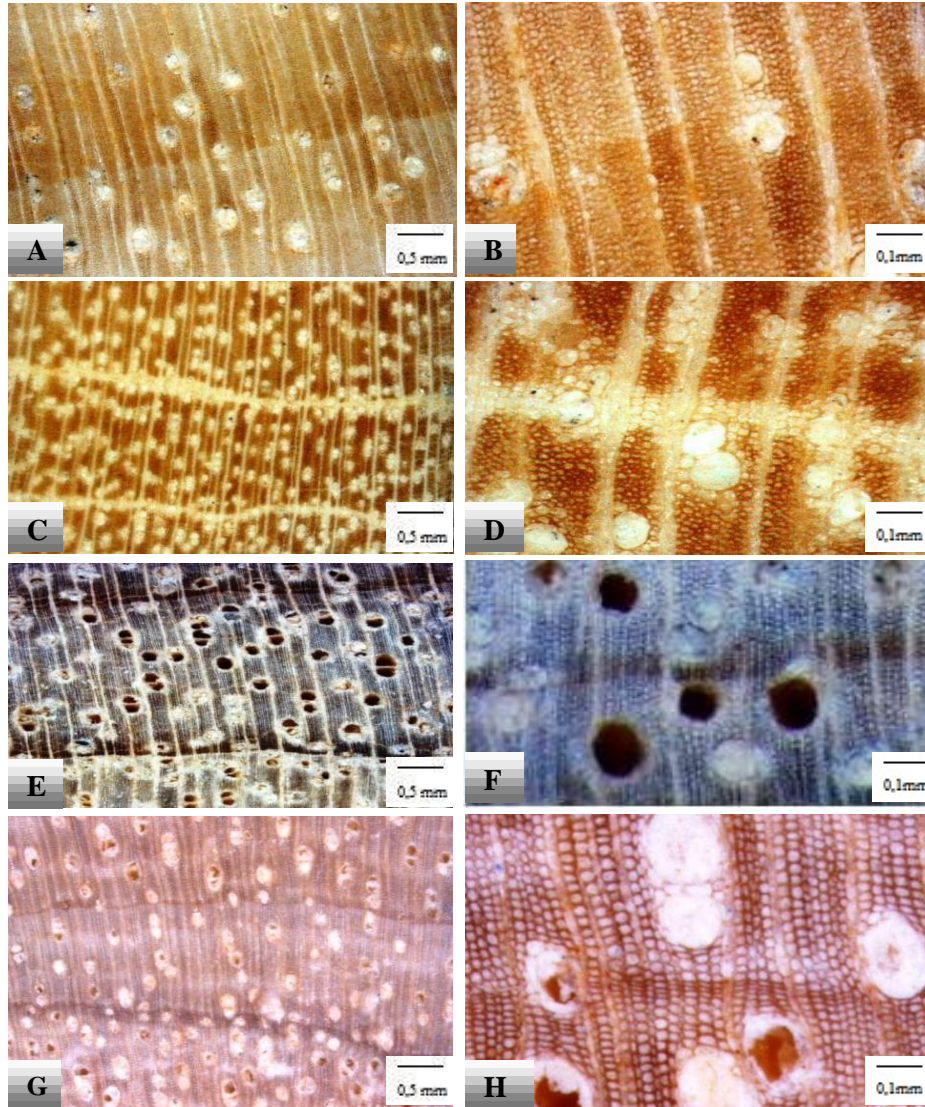


Figura 10 - Anéis de crescimento em *Astronium graveolens* (A, B), *Balfourodendron riedelianum* (C, D), *Nectandra megapotamica* (E, F) e *Miconia discolor* (G, H) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR.

O lenho de *C. xanthocarpa* possui porosidade difusa e os anéis de crescimento são distintos e delimitados por parênquima axial marginal (Figura 11 A, B). Já o lenho da *G. kunthiana* possui porosidade difusa com parênquima axial confluyente e os anéis de crescimento são indistintos delimitados por parênquima marginal que pode ou não estar presente (Figura 11C, D).

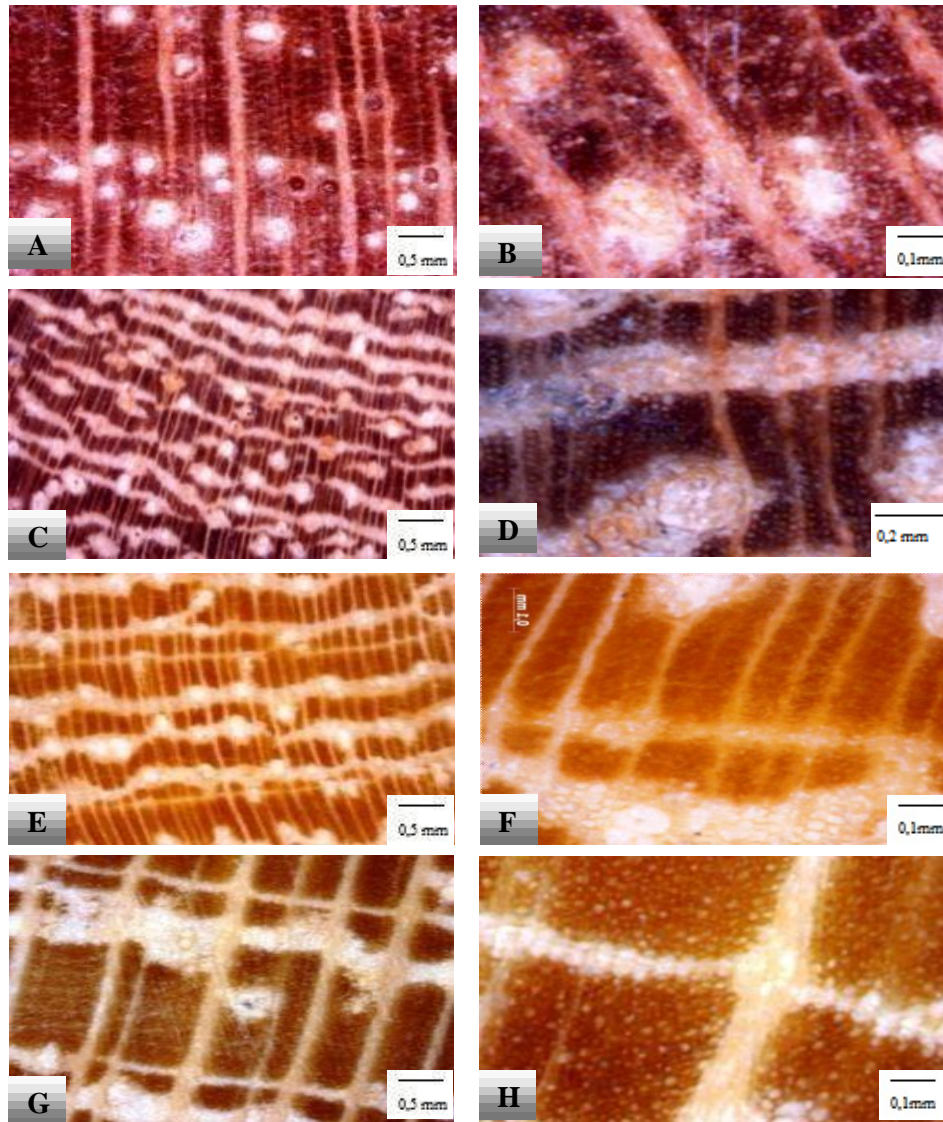


Figura 11 - Anéis de crescimento em *Campomanesia xanthocarpa* (A, B), *Guarea kunthiana* (C, D), *Holocalyx balansae* (E, F) e *Lonchocarpus muehlbergianus* (G, H) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR.

A partir da detecção dos anéis de crescimento, a análise das marcações cambiais confirmou a anuidade de formação para todas as espécies estudadas (Figuras 11-14) exceto para *A. graveolens*, cujas amostras não puderam ser analisadas devido à ausência da cicatriz cambial.

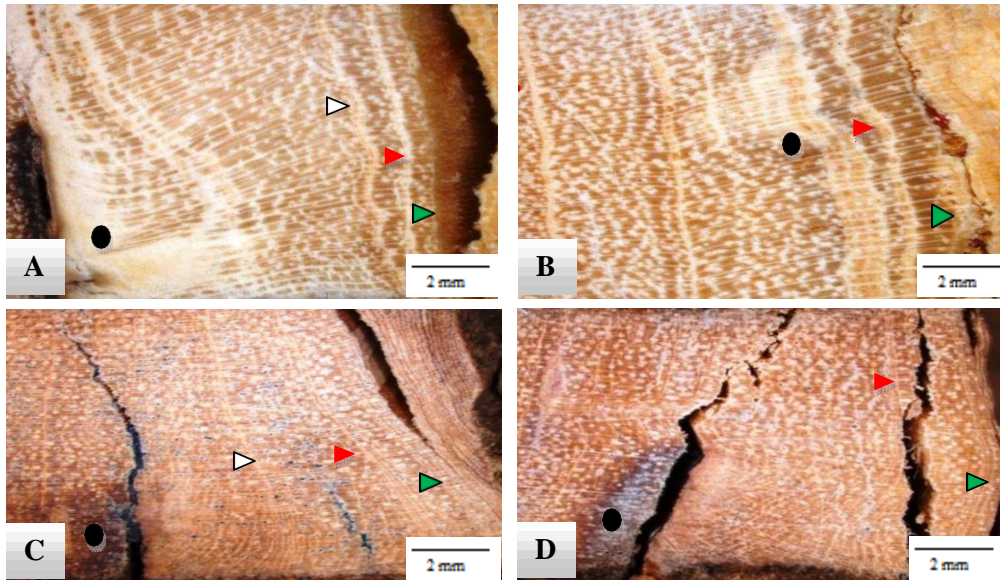


Figura 12: Marcações cambiais e anéis anuais de crescimento de *Balfourodendron riedelianum* (A, B) e de *Campomanesia xanthocarpa* (C e D) feitas nos anos de 2009 e 2010 respectivamente. O círculo indica a cicatriz cambial, os triângulos brancos, vermelhos e verdes referem-se aos anos formados de 2010, 2011 e 2012, respectivamente.

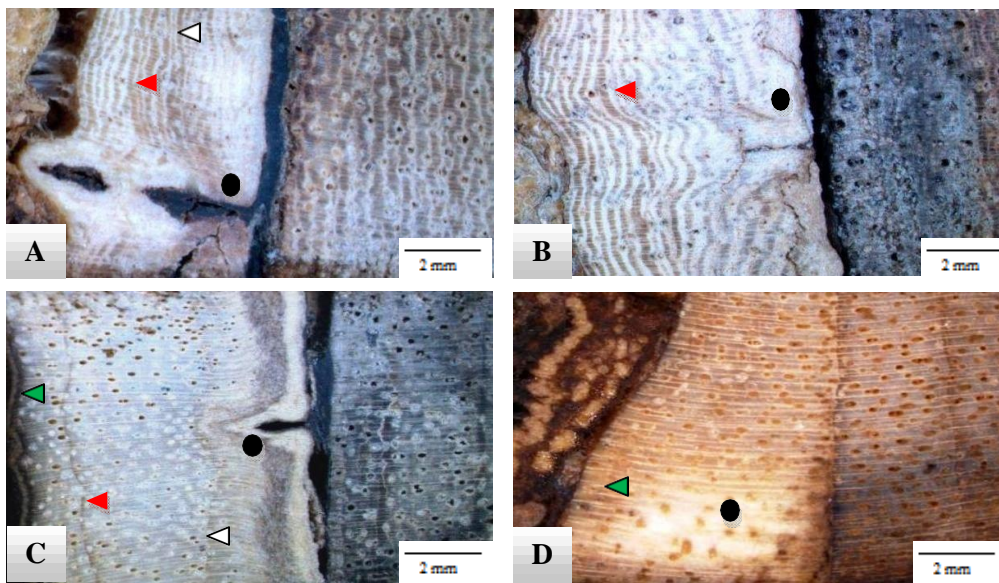


Figura 13: Marcações cambiais e anéis anuais de crescimento de *Guarea kunthiana* (A, B) e de *Nectandra megapotamica* (C e D) feitas nos anos de 2009 e 2010, respectivamente. O círculo indica a cicatriz cambial, os triângulos brancos, vermelhos e verdes referem-se aos anos formados de 2010, 2011 e 2012, respectivamente.

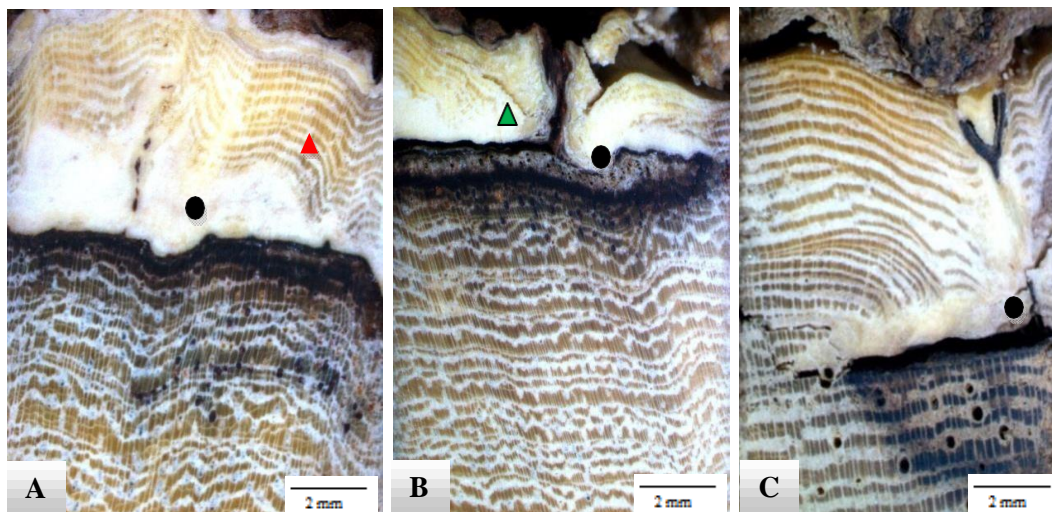


Figura 14: Marcações cambiais e anéis anuais de crescimento de *Holocalyx balansae* (A, B) feitas nos anos de 2009 e 2010 respectivamente e de *Lonchocarpus muehlbergianus* (C) feita em 2011. O círculo indica a cicatriz cambial, os triângulos vermelhos e verdes referem-se aos anos formados de 2011 e 2012, respectivamente.

4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que, as variações de temperatura e principalmente de precipitação influenciaram a taxa de crescimento em circunferência do tronco das árvores. No entanto, a posição sociológica dos indivíduos, a tolerância ao sombreamento e, os padrões fenológicos também podem influenciar no crescimento.

Durante o período de estudo, *H. americanus* e *T. rubrivenium* que, segundo Silva e Soares-Silva (2000), são intolerantes ao sombreamento, apresentaram alta taxa de incremento em circunferência, enquanto que *H. balansae*, *G. kunthiana* e *C. xanthocarpa* que são espécies tolerantes (SILVA e SOARES-SILVA, 2000), apresentaram baixa taxa de incremento. De acordo com Grime (1965), as espécies intolerantes ao sombreamento apresentam taxas de crescimento maiores em relação às tolerantes devido suas altas taxas metabólicas. *Astronium graveolens* também apresentou alta taxa de incremento, por ser uma espécie heliófila (LORENZI, 1998).

No entanto, *L. muehlbergianus*, que também é uma espécie intolerante, apresentou baixa taxa de incremento, o que pode estar relacionada com a posição sociológica dos indivíduos amostrados tendo em vista que, a maioria deles se encontrava estabelecidos no

dossel (a maioria possuía CAP acima de 100 cm). Das espécies que apresentaram baixas taxas de incremento em circunferência, em *C. xanthocarpa* (média do CAP dos indivíduos - 68,8 cm) e em *H. balansae* (média do CAP dos indivíduos - 111,5 cm), espécies consideradas tolerantes ao sombreamento, a maioria dos indivíduos já estava estabelecida no dossel florestal.

A taxa de incremento em circunferência variou sazonalmente ao longo do estudo e, de um modo geral, essa variação foi observada para todas as espécies. A sazonalidade foi mais perceptível durante o inverno de 2012, quando houve redução no incremento em circunferência, devido às menores taxas de precipitação, principalmente nos meses de julho e agosto quando comparado ao do ano anterior.

O decréscimo na taxa de incremento em circunferência do tronco ou valores negativos da taxa em determinados meses pode ser explicado, em parte, pela perda de água do ritidoma (BOTOSSO et al., 2000; FERREIRA-FEDELE et al., 2004) que, no período de maior precipitação, encontrava-se intumescido. Outra possível explicação é que, durante o período mais seco, as árvores utilizam suas reservas de água para manter suas funções fisiológicas em níveis mínimos. Nesta fase, pode haver redução da atividade dos meristemas, inclusive do câmbio vascular, o que contribui para a redução da taxa de incremento em circunferência do tronco.

Para todas as espécies, a redução no incremento em circunferência no inverno está, pelo menos em parte, associada à redução na atividade cambial, pois em todas elas observou-se a formação de anéis anuais de crescimento.

A taxa de incremento em circunferência da espécie *H. balansae* não se correlacionou com a temperatura nem com a precipitação. Tendo em vista que seu caule apresenta muitos sulcos profundos, a faixa dendrométrica não se ajustou corretamente no tronco como ocorreu nas demais espécies e a mensuração pode ter sido prejudicada.

Para as espécies *A. graveolens*, *B. riedelianum*, *C. xanthocarpa*, *H. americanus*, *M. discolor* e *N. megapotamica*, a redução da taxa de incremento em circunferência durante os meses de julho a outubro de 2012, assim como as taxas negativas de incremento do mês de setembro de 2011 podem ser explicadas pelo baixo índice de precipitação mensal. De acordo com Détienne (1989), valores negativos de incremento em circunferência do tronco são frequentemente citados na literatura.

Nas áreas tropicais, a relação entre o crescimento e a precipitação tem sido comprovada em diversos estudos (BOTOSSO e VETTER, 1991; WORBES e JUNK, 1999; BOTOSSO et al., 2000; LISI et al. 2008). No entanto, há uma série de fatores que podem

influenciar a atividade cambial, dentre eles, a temperatura, a fenologia, e o fotoperíodo. Segundo Perina (2011), o PEMG possui sazonalidade climática pouco definida, mas ainda é possível distinguir duas estações. O inverno é mais frio e seco e há uma redução no fotoperíodo, enquanto que, no verão, a temperatura, o fotoperíodo e a precipitação são maiores.

A temperatura também se correlacionou positivamente com a taxa de incremento em circunferência de cinco espécies. No decorrer do estudo, a temperatura média mensal variou em 10°C (16,8°C em julho a 26,1°C em março) e esta variação também influenciou os períodos de dormência e de retomada da atividade cambial, nestas espécies.

O período de menor incremento do tronco de *L. muehlbergianus*, ocorreu de julho a outubro de 2012, quando os indivíduos apresentavam abscisão de folhas (PERINA, 2011). Segundo Morellato et al. (1989), apesar da redução da precipitação ser o principal fator indutor da queda foliar, outros fatores como a temperatura e o comprimento do dia também podem estar envolvidos neste processo. Levando isto em consideração, é possível sugerir que a temperatura influenciou a abscisão de folhas e, conseqüentemente, na redução da taxa fotossintética causando a redução da atividade cambial (FERREIRA, 2002).

Entretanto, a temperatura média de um e dois meses anteriores também influenciou a taxa de incremento da espécie perenifólia *G. kunthiana*. Assim como nas demais espécies, a redução do incremento foi observada no período de julho a outubro, caracterizado por baixa precipitação. Esta redução pode ser atribuída à evaporação da água do ritidoma, pois neste período há um aumento da incidência de luz no interior da floresta, elevando a temperatura e, conseqüentemente, reduzindo a umidade relativa do ar. Estes fatores associados ao baixo índice de precipitação registrado podem ter aumentado a evaporação da água do ritidoma, causando a contração do tronco.

Essa dinâmica da atividade cambial levou a formação dos anéis de crescimento no tronco das árvores e estes apresentaram estruturas diferentes e variaram de acordo com a espécie. Entretanto, a característica anatômica mais comum observada nessas espécies está relacionada ao espessamento e achatamento radial das paredes das fibras nos lenhos inicial e tardio. Essas diferenças são, principalmente, devido às diferenças nas estações de crescimento e variam de acordo com a disponibilidade de água nos tecidos (FRITTS e SWETNAM, 1989).

Para *N. megapotamica*, o padrão observado corrobora o padrão descrito por Spatelf et al. (2010). Em *B. riedelianum*, a presença do parênquima marginal é a característica que permite maior distinção dos limites dos anéis de crescimento (BRIENEN e ZUIDEMA,

2005). As faixas de parênquima marginal são bem demarcadas e visíveis a olho nu, tornando mais fácil a identificação dos anéis falsos e descontínuos. A presença do parênquima marginal, para esta espécie, também foi encontrada por Maria (2002), Ferreira (2002) e Lisi et al. (2008) em estudos conduzidos em áreas de floresta estacional semidecidual no estado de São Paulo.

Em *A. graveolens*, a espessura das paredes das fibras e a presença da zona fibrosa permitiram a identificação do limite das camadas de crescimento. Seu lenho apresenta muitos anéis de crescimento falsos. Devido sua alta taxa de crescimento é provável que os indivíduos desta espécie respondam mais rapidamente às variações climáticas intra-anuais, tais como pequenos períodos sem precipitação. Tais períodos, desfavoráveis ao crescimento, ficam registrados no câmbio vascular e levam ao aparecimento de falsos anéis de crescimento, o que torna a análise mais difícil. O mesmo padrão de anel de crescimento, dificuldade de visibilidade e presença de falsos anéis foram encontrados por Maria (2002), Gonçalves (2006) e Lisi et al. (2008).

Por meio da análise da largura dos anéis de crescimento é possível obter informações a respeito da taxa de crescimento do tronco das árvores e sua relação com o clima dos anos anteriores. No entanto, para isto é preciso uma cronologia robusta, com árvores que apresentem um sinal comum de crescimento (Andreacci, 2012), ou seja, é necessário um padrão entre as larguras dos anéis de crescimento das diferentes árvores de uma mesma espécie. Nesta situação, as correlações entre as séries temporais e a série máster seriam significantes (maior que a correlação crítica). Um maior número de amostras também poderia potencializar os sinais comuns. Neste estudo, as baixas correlações entre as séries temporais e máster e o pequeno número de indivíduos amostrados não possibilitaram análises entre a largura dos anéis de crescimento e os fatores climáticos.

As baixas correlações entre as séries temporais com suas respectivas séries máster podem ser atribuídas a diversos fatores, dentre eles a diferença de idade das árvores, a competição interespecífica e até mesmo pela dificuldade no reconhecimento dos anéis falsos ou descontínuos devido à pequena área de análise que as baquetas proporcionam (ANDREACCI, 2012). Por exemplo, a competição com as árvores adjacentes pode resultar em crescimento assimétrico do tronco (DUNISCH et al. 1999), o que dificulta a análise dos anéis de crescimento e a identificação das amostras provenientes de uma mesma árvore, o que pode resultar em baixas correlações.

A idade da árvore, a taxa de crescimento e até mesmo diferenças entre as árvores de mesma espécie influenciam a densidade básica da madeira (TOMAZELLO-FILHO, 1985).

Rosa (2008) observou que espécies com altas taxas de crescimento possuíam densidade baixa, enquanto que espécies com baixas taxas de crescimento possuíam madeira de densidade alta. Os dados deste estudo corroboram esta afirmação.

5. CONCLUSÃO

Dos fatores abióticos analisados a precipitação e a temperatura influenciaram na periodicidade da atividade cambial de algumas espécies.

A sazonalidade climática induz a formação de anéis de crescimento anuais e apesar das baixas intercorrelações das séries temporais, as espécies *A. graveolens*, *B. riedelianum*, *M. discolor* e *N. megapotamica*, possuem potencial para estudos dendrocronológicos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREACCI, F. **Atividade cambial, fenologia vegetativa e ritmo de crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. em áreas de florestas ombrófilas mista e densa do Estado do Paraná: aspectos dendrocronológicos e dendroecológicos.** 2012. 60p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BIANCHINI, E.; SANTOS, F. M. Herbivoria foliar em *Chrysophyllum gonocarpum* (Sapotaceae) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v.27, n.3, p.285-290, 2005.

BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; SANTOS, F. A. M. Fenologia de *Chrysophyllum gonocarpum* (March & Eichler) Engl. (Sapotaceae) em floresta semidecídua do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.29, n.4, p.595-602, 2006.

BIANCHINI, E.; POPOLO, S. R.; DIAS, C. M.; PIMENTA, J. A. Diversidade e estrutura de espécies arbóreas em área alagável do Município de Londrina, Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.17, n.3, p.405-419, 2003.

BOTOSSO, P. C.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BAPTISTA, V. C. R.; FERREIRA, L. Efeito das taxas de crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Centropogon tomentosum* (araribá) Leg. Caesalpinioideae, In: CONGRESSO DA SOCIEDADE DE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 2000, São Paulo. **Anais... Congresso das grandes metrópoles: resumos**, São Paulo: 2000. 44 p.

BOTOSSO, P. C.; MATTOS, P. P. Conhecer a Idade das Árvores: Importância e Aplicação. **Documentos 75**. Colombo: Ed. Embrapa, 2002. p.11-19.

BOTOSSO, P. C.; TOMAZELLO-FILHO, M. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores

- tropicais e subtropicais. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARELLA, W. (Eds.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, 2001. p.145–171.
- BOTOSSO, P. C.; VETTER, R. E. Alguns aspectos sobre a periodicidade e taxa de crescimento em oito espécies arbóreas de floresta de terra-firme na (Amazônia). **Revista do Instituto Florestal**, v.3, n.2, p.163-180, 1991.
- BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. **Oecologia**, v.146, n.1, p.1-12, 2005.
- COSTA, S. M. **Dinâmica de crescimento de *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) na floresta Atlântica do Estado do Rio de Janeiro: fenologia, atividade cambial e dendrocronologia**. 2011. 61p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- DÉTIENNE, P. Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods. **IAWA Bulletin**, v.10, p.123–132, 1989.
- DUNISCH, O.; SCHROTH, G.; MORAIS, R. M.; EMBREICH, M. Water supply of *Swietenia macrophylla* King and *Carapa guianensis* Aubl. in three plantation systems. In: BAUCH, J.; DUNISCH, O.; GASPAROTTO, L.(Eds.). **Investigations on tree species suitable for the recultivation of degraded land areas in Central Amazonia**. Hamburg: Bundesforschungsanstalt für Forst-und Holzwirtschaft, 1999. p.29-46.
- FAHN, A.; BULEY, J.; LONGMAN, K. A.; MARIAUX, A.; TOMLISON, P. B. Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees. In: BORMAN, F. H.; BERLYN, S. G. (Orgs.). **Age and growth rate of tropical trees: New directions for research**. Yale: Yale University, 1981. p.31-54.
- FERREIRA, L. **Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de Florestas Estacionais Semidecíduas da região sudeste do Estado de São Paulo**. 2002. 122p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.
- FERREIRA, G. B.; **Análise dendroclimatológica do cedro (*Cedrela fissilis* L. – Meliaceae) para reconstrução do cenário ambiental recente da cidade de São Paulo, SP**. 2012. 88p. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Botânica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- FERREIRA-FEDELE, L.; TOMAZELLO- FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; GIANNOTTI, E. 2004. Periodicidade do crescimento de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (guarantã) em duas áreas da região Sudeste do Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.65, p.141-149, 2004.
- FRITTS, H. C; SWETNAM, T. W. Dendroecology: A tool for evaluating variations in past and present forests environments. **Advances in Ecological Research**, v.10, p.111-175, 1989.
- GOLDENBERG, R. O gênero *Miconia* (Melastomataceae) no Estado do Paraná, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n.4, p.927-947, 2004.

GONÇALVES, T. A. P. **Contribuição ao conhecimento da anatomia da madeira das famílias: Anacardiaceae, Annonaceae, Aquifoliaceae, Apocynaceae e Araliaceae, através de amostras carbonizadas do lenho de espécies brasileiras.** 2006. 116p. Monografia (Monografia em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

GRIME, J. P. Shade tolerance in flowering plants. **Nature**, v.5006, n.208, p.161-163, 1965.

GOURLAY, I. D. Growth rings characteristics of some African Acacia species. **Journal of tropical Ecology**, v.11, p.121-140, 1995.

HEINRICH, I.; BANKS, J. C. G. Tree ring anomalies in *Toona ciliata*. **IAWA Journal**, v.27, n.2, p.213-231, 2006.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. Médias Históricas do Município de Londrina. Disponível em:
< http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Londrina.htm >
acessado em : 01/03/2013.

IAWA COMMITTEE — IAWA List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v.10, n.3, p.219-332, 1989.

JACOBY, G. C. Overview of tree-ring analysis in tropical regions. **IAWA Journal**, v.10, n.2, p.99-108, 1989.

LISI, C. S.; TOMAZELLO- FILHO, M.; BOTOSSO, P. C. ; ROIG, F. A.; FERREIRA, V. R. B.; FEDELEVOIGT, M. L.; VOIGT A. R. A. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. **IAWA Journal**, Utrecht, v.29, n.2, p.189-207, 2008.

LOBÃO, M. S. **Dendroconologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. e *Schizolobium parayba* var *amazonicum* Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil.** 2011. 209 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras** – Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v.2. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 352p.

MARCATI, C. R.; ANGYALOSSY, V.; EVERT, R. F. Seasonal variation in wood formation of *Cedrela fissilis* (Meliaceae). **IAWA Journal**, v.27, n.2, p.119-211, 2006.

MARIA, V. R. B. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduais.** 2002. 145p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

MARIAUX, A. Les cernes dans les bois tropicaux africains nature et périodicité. **Bois et Forêts des Tropiques**, v.114, p.23-37, 1967.

- MORALES, M. S.; VILLALBA, R.; GRAU, H. R.; PAOLINI, L. Rainfall-controlled tree growth in high-elevation subtropical treelines. **Ecology**, v.85, n.11, p.3080–3089, 2004.
- MORELLATO, L. P. C.; RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F.; JOLY, C. A. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semi-decídua na Serra do Japí, Jundiá, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v.12, p.85-98, 1989.
- PALERMO, M. P. G.; LATORRACA, F. V. J.; ABREU, S. H. Métodos e técnicas de diagnose de identificação dos anéis de crescimento de árvores tropicais. **Revista Floresta e Ambiente**, v.9, n.1, p.165-175, 2002.
- PERINA, B. P. **Fenologia de espécies arbóreas de uma floresta estacional do sul Brasil**. 2011. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.
- ROIG, F. A. Dendrocronología en los bosques del Neotrópico: revisión y prospección futura. In: ROIG, F.A. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p.381–431.
- ROSA, S. A. **Modelos de crescimento de quatro espécies madeireiras de floresta de várzea da Amazônia Central**. 2008. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.
- SCHONGART, J.; PIEDADE, M. T. F.; LUDWIGSHAUSEN, S.; HORNA, V.; WORBES, M. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**, v.18, p.581-597, 2002.
- SILVA, F. C.; SOARES-SILVA, L. H. Arboreal flora of the Godoy Forest State Park, Londrina, Pr, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v.57, p.107-120, 2000.
- SOARES-SILVA, L. H.; BARROSO, G. M. Fitossociologia do estrado arbóreo da floresta na porção norte do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina – PR, Brasil. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 1992. p.101-112,
- SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree rings: basics and applications of dendrochronology**. Dordrecht: D. Reidel, 1988. 276p.
- SPATHELF, P.; TOMAZELLO-FILHO, M.; TONINI, H. Dendroecological analysis of *Ocotea pulchella* and *Nectandra megapotamica* on two sites near Santa Maria, Rio Grande do Sul (Brazil). **Floresta**, v.40, n.4, p.777-788, 2010.
- SOFIA, S. H.; SANTOS, M. A.; SILVA, C. R. M. Euglossine bees (Hymenoptera, Apidae) in a remnant of Atlantic forest in Paraná State, Brazil. **Iheringia Série Zoológica**, v.94, n.2, p.217-222, 2004.
- TOMAZELLO-FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, n.29, p.37-45, 1985.

TOMAZELLO-FILHO, M.; CARDOSO, N. S. Seasonal variations of the vascular cambium of *Tectona grandis* (teak) in Brazil. In: WIMMER, R.; VETTER, R. E. (Eds.). **Tree ring analysis: biological, methodological and environmental aspects**. Wallingford: CABI Publishing, 1999. p.147-154.

VETTER, R. E.; BOTOSSO, P. C. Observações preliminares sobre a periodicidade e taxa de crescimento em árvores tropicais. **Acta Amazônica**, v.18, n.1/2, p.189-196, 1988.

VICENTE, R. F. O Parque Estadual Mata dos Godoy. In: TOREZAN, J. M (Org.). **Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy**. Londrina: Itedes, 2006. p.13-19.

WORBES, M. Occurrence of seasonal climate and tree-ring research in the tropics. **Lundqua Report**, v.34, p.338-342, 1992.

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees: a review. **IAWA Journal**, Utrecht, v.16, p.337-351. 1995.

WORBES, M.; JUNK, W. J. How old are tropical trees? The persistence of a myth. **IAWA Journal**, Leiden, v.20, n.3, p. 255-260, 1999.

APÊNDICE

Apêndice 1: Altura (m) e circunferência a altura do peito (CAP) dos indivíduos com faixa dendrométrica implantadas, no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR.

Espécie	Altura (m)	CAP (cm)
<i>Astronium graveolens</i>	11,4	96
<i>Astronium graveolens</i>	12,1	53,5
<i>Astronium graveolens</i>	10,1	95
<i>Astronium graveolens</i>	10,3	52
<i>Astronium graveolens</i>	7,8	37
<i>Astronium graveolens</i>	12,6	63
<i>Astronium graveolens</i>	10	74
<i>Astronium graveolens</i>	9,8	40
<i>Astronium graveolens</i>	9,9	87
<i>Astronium graveolens</i>	10,2	85
<i>Astronium graveolens</i>	11,3	90
<i>Astronium graveolens</i>	9,8	44
<i>Astronium graveolens</i>	9,7	59
<i>Astronium graveolens</i>	10,2	80
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	9,9	40
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	10,5	41
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	11,5	58
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	15,2	93
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	13,8	68
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	12,1	86
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	10,5	85
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	11	88
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	10,9	82
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	11,1	55
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	11,6	107
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	10,3	65
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	10,7	55
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	12,3	54
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	10,1	92
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	9,7	53
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	9,9	64
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	10,2	86
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	14,6	56
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	13,4	132
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	7,8	72
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	11,9	58
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	11,9	53,5
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	9,2	42
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	10,4	97
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	13	72
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	10,1	68
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	11,5	46
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	9,5	42
<i>Guarea kunthiana</i>	4,9	58
<i>Guarea kunthiana</i>	6,2	68,8
<i>Guarea kunthiana</i>	4,5	55
<i>Guarea kunthiana</i>	5,2	50
<i>Guarea kunthiana</i>	5,6	61
<i>Guarea kunthiana</i>	5,8	70

continuação		
<i>Guarea kunthiana</i>	4,4	43
<i>Guarea kunthiana</i>	5,1	59
<i>Guarea kunthiana</i>	4,5	42
<i>Guarea kunthiana</i>	4,6	47
<i>Guarea kunthiana</i>	4,4	38
<i>Guarea kunthiana</i>	4,8	43
<i>Guarea kunthiana</i>	5,7	65
<i>Guarea kunthiana</i>	5,6	53
<i>Guarea kunthiana</i>	4,2	56
<i>Heliocarpus americanus</i>	7,7	82
<i>Heliocarpus americanus</i>	11,2	48
<i>Heliocarpus americanus</i>	9	55
<i>Heliocarpus americanus</i>	9,8	58
<i>Heliocarpus americanus</i>	12	96
<i>Heliocarpus americanus</i>	13,1	92
<i>Heliocarpus americanus</i>	10,2	59
<i>Heliocarpus americanus</i>	10,3	65
<i>Heliocarpus americanus</i>	8,3	82,5
<i>Heliocarpus americanus</i>	11,4	109
<i>Heliocarpus americanus</i>	6,3	74,5
<i>Holocalyx balansae</i>	7,9	44
<i>Holocalyx balansae</i>	8,3	42
<i>Holocalyx balansae</i>	10,3	120
<i>Holocalyx balansae</i>	11,5	152
<i>Holocalyx balansae</i>	10,1	54
<i>Holocalyx balansae</i>	12	171
<i>Holocalyx balansae</i>	8,1	53,5
<i>Holocalyx balansae</i>	15,1	132
<i>Holocalyx balansae</i>	10,2	123
<i>Holocalyx balansae</i>	11,7	194
<i>Holocalyx balansae</i>	12,5	160
<i>Holocalyx balansae</i>	12,3	57
<i>Holocalyx balansae</i>	11,3	198
<i>Holocalyx balansae</i>	10,3	95
<i>Holocalyx balansae</i>	9,7	77
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	11,2	125
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	10	54,5
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	12,3	71
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	12,7	119
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	13,2	80
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	13,2	46
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	7	136
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	12,1	130
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	10,5	118
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	10,5	111
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	13,6	133
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	7,6	106
<i>Miconia discolor</i>	8,1	61
<i>Miconia discolor</i>	9,1	40
<i>Miconia discolor</i>	5,2	34
<i>Miconia discolor</i>	7,1	46
<i>Miconia discolor</i>	7,8	64
<i>Miconia discolor</i>	9,3	41
<i>Miconia discolor</i>	7,7	82

continuação		
<i>Miconia discolor</i>	12,7	45
<i>Miconia discolor</i>	8	65
<i>Miconia discolor</i>	7,3	54
<i>Miconia discolor</i>	6,24	45
<i>Miconia discolor</i>	10,7	45
<i>Miconia discolor</i>	10,5	70
<i>Miconia discolor</i>	6,3	40,5
<i>Nectandra megapotamica</i>	8,7	72
<i>Nectandra megapotamica</i>	8,3	76
<i>Nectandra megapotamica</i>	9,2	86
<i>Nectandra megapotamica</i>	9,8	98
<i>Nectandra megapotamica</i>	7,6	78
<i>Nectandra megapotamica</i>	8,7	91
<i>Nectandra megapotamica</i>	9,9	95
<i>Nectandra megapotamica</i>	9,8	46,5
<i>Nectandra megapotamica</i>	12,2	121
<i>Nectandra megapotamica</i>	6,3	95
<i>Nectandra megapotamica</i>	9,8	112
<i>Nectandra megapotamica</i>	6,2	112
<i>Nectandra megapotamica</i>	8,2	113
<i>Nectandra megapotamica</i>	9,7	79
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	10,1	81
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	11	80
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	13,2	126
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	15,3	210
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	17,2	99
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	9,6	94
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	11,7	79,4
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	5,3	111
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	12,1	161
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	13	151
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	10,5	107
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	10,2	109