



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

MARCELA BLAGITZ FERRAZ DO NASCIMENTO

ANÉIS DE CRESCIMENTO, INCREMENTO EM CIRCUNFERÊNCIA DO  
TRONCO E ANATOMIA DA MADEIRA DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA  
FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL

---

Londrina  
2013

MARCELA BLAGITZ FERRAZ DO NASCIMENTO



**ANÉIS DE CRESCIMENTO, INCREMENTO EM CIRCUNFERÊNCIA DO TRONCO E ANATOMIA DA MADEIRA DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL**

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

Orientador: Prof. Dr. Moacyr Eurípedes Medri

Co-orientador: Dr. Paulo Cesar 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)

N244a Nascimento, Marcela Blagitz Ferraz do.  
Anéis de crescimento, incremento em circunferência do tronco e anatomia da madeira de espécies arbóreas da floresta estacional semidecidual do sul do Brasil. / Marcela Blagitz Ferraz do Nascimento. – Londrina, 2013.  
92 f. : il.

Orientador: Moacyr Euripedes Medri.  
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. Troncos (Botânica) – Teses. 3. Madeira – Anatomia – Teses. 4. Mata Atlântica – Teses. I. Medri, Moacyr Euripedes. 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

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
BIOLÓGICAS

DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Discente: **Marcela Blagitz Ferraz do Nascimento**

Título: "Atividade cambial, anéis de crescimento e anatomia da madeira de espécies arbóreas da floresta estacional semidecidual do sul do Brasil".

Data da Defesa: 18 de fevereiro de 2013 – 14:00 hs, na sala de aula da Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular do Centro de Ciências Biológicas, desta Universidade.

Banca Examinadora

Parecer

Presidente:

Dr. Paulo Cesar Botosso

aprovado

Titulares:

Dr<sup>a</sup>. Patrícia Soffiatti

aprovado

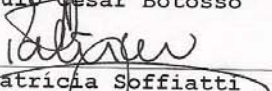
Dr. José Eduardo Lahoz da Silva Ribeiro

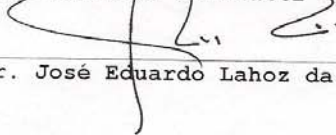
aprovado

Parecer Final

aprovado

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Paulo Cesar Botosso

  
\_\_\_\_\_  
Dr<sup>a</sup>. Patrícia Soffiatti

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Eduardo Lahoz da Silva Ribeiro

MARCELA BLAGITZ FERRAZ DO NASCIMENTO

ANÉIS DE CRESCIMENTO, INCREMENTO EM CIRCUNFERÊNCIA DO TRONCO E  
ANATOMIA DA MADEIRA DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA ESTACIONAL  
SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL

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

BANCA EXAMINADORA

---

Dr. Paulo César Botosso  
Embrapa Florestas – Colombo – PR

---

Profa. Dra. Patrícia Soffiatti  
UFPR – Curitiba – PR

---

Prof. Dr. José Eduardo Lahoz da Silva Ribeiro  
UEL – Londrina – PR

Londrina, 18 de fevereiro de 2013.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, me deu a vida.

Aos meus pais, Mauro e Célia, e ao meu irmão, José Antonio, pelo apoio incondicional em tudo que já fiz. Obrigada pela confiança!

A Universidade Estadual de Londrina, pela estrutura e principalmente ao Setor de Transportes da UEL, pela disponibilidade de transporte a campo.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudo concedida.

Ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) por permitir a pesquisa no Parque Estadual Mata dos Godoy e aos funcionários do Parque.

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

Ao Professor Moacyr Medri, meu orientador, e mais que tudo, amigo. 'Profs', obrigada pelo apoio, idas a campo para coletas e ajuda em momentos que eu não sabia o que fazer e desesperadamente não via saída para nada. *Quando crescer, quero ser igual a você!!*

Ao Dr. Paulo Cesar Botosso, pela co-orientação, por toda a atenção no trabalho, respondendo prontamente os e-mails e todas às sugestões nos textos.

A Professora Dra. Patrícia Soffiatti por participar da Banca Examinadora.

Ao Professor Dr. José Eduardo L. S. Ribeiro pela coleta do material das amostras de madeira, quando houve instalação do projeto e por participar como membro da Banca Examinadora.

Ao Professor Dr. Edmilson Bianchini, pela instalação do projeto que permitiu que esse trabalho fosse realizado, pela coleta inicial das amostras de madeira, pelos ensinamentos, dúvidas sanadas e por participar da banca de qualificação, contribuindo para a melhoria do trabalho.

Ao Professor Dr. José Antonio Pimenta pela coleta do material das amostras de madeira, quando houve instalação do projeto e pelas sugestões dadas como membro da banca de qualificação.

A Professora Dra. Célia Guadalupe Tardeli de Jesus Andrade, responsável pelo Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise da Universidade Estadual de Londrina, pela utilização do microscópio eletrônico e a Osvaldo Capello, por todo o apoio durante o processamento do material e ajuda com o MEV.

A Edson Mendes Francisco (Ed) do Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas (LABRE) da Universidade Estadual de Londrina pela identificação das espécies em campo.

A Léo Souza, técnica do Laboratório de Anatomia Vegetal, pela ajuda com os reagentes e mais que tudo pelas conversas e companhia.

A Ju Carbonieri, minha grande amiga e companheira de laboratório e de vida! Como você diz “Palavras do mundo todo não são suficientes nem fazem jus a tudo que temos” e sim, eu sou o eterno ‘YOU’ do seu ‘I LOVE’. Obrigada mais que tudo pelo esforço de várias vezes, ir a campo comigo, sei o quanto você não gostava da ideia, mas sempre me acompanhava! *Valeu Jow!!*

A Helena Tiemi Suzukawa, por toda a ajuda no laboratório, e a grande contribuição para que o segundo capítulo desse trabalho fosse possível. Obrigada por corar e montar todos os cortes histológicos!

A Nayara Tartari Soto, pela grande amizade. Posso dizer que somos irmãs, não que cresceram dos mesmos pais, mas que se acharam no curso da vida. Muito obrigada pelas conversas e pelo apoio, mesmo muito longe. *De coração estamos sempre juntas!*

A Mariana Martin Costa, pela convivência que acabou se tornando uma grande amizade.

Aos companheiros de laboratório Anderson Kikuchi Calzavara e Thaís Mazzanatii, pelas conversas e pelos momentos de descontração durante o trabalho.

A todos os amigos da turma de 2011 do Mestrado em Ciências Biológicas, carinhosamente autodenominada “Amigos do Petterson”, pela parceria e amizade. Especialmente ao Maurício Mantoani, pela amizade, conversas e apoio.

Enfim, a todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho,

**Muito Obrigada!**

*“Missão dada é missão cumprida!”*

NASCIMENTO, Marcela Blagitz Ferraz. Anéis de crescimento, incremento em circunferência do tronco e anatomia da madeira de espécies arbóreas da Floresta Estacional Semidecidual do Sul do Brasil. 2013. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Botânica) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2013.

## RESUMO

A Floresta Estacional Semidecidual encontra-se bastante ameaçada devido à intensa exploração da área para expansão agrícola, e no Estado do Paraná, somente 3,09% da área original está protegida. Para a preservação desses ambientes é essencial obter informações cientificamente embasadas de aspectos relacionados à autoecologia de suas espécies, já que são necessárias nos processos de recomposição e conservação; bem como deve haver o conhecimento acerca da diversidade biológica existente. Com conhecimento acerca da composição, do funcionamento, da dinâmica e da estrutura desses locais é possível propor medidas de recomposição e conservação. Análises dos anéis de crescimento, da periodicidade de crescimento e da anatomia do xilema secundário são ferramentas que contribuem para esse conhecimento. Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivos detectar a periodicidade do crescimento em circunferência do tronco das árvores, analisar os anéis de crescimento formados e caracterizar a anatomia do xilema secundário de espécies arbóreas representativas da Floresta Estacional Semidecidual. As hipóteses são: (i) Existe sazonalidade no crescimento em circunferência do tronco das árvores das espécies estudadas e esta está relacionada às variações climáticas da região de estudo; (ii) Os anéis de crescimento das espécies são anuais e formados devido à sazonalidade das condições climáticas da região em estudo. Os estudos foram realizados no Parque Estadual Mata dos Godoy e foram selecionadas nove espécies para a análise os anéis de crescimento cujas amostras de madeira foram extraídas pelo método não destrutivo. A periodicidade e o ritmo de crescimento foram avaliados pelo acompanhamento do crescimento em circunferência utilizando-se dendrômetros e para confirmação da anuidade dos anéis de crescimento foram feitas marcações periódicas no câmbio vascular. A avaliação do potencial das espécies para estudos dendrocronológicos foi realizada utilizando as larguras dos anéis de crescimento, obtidas pelo programa *Image Pro Plus* e a avaliação da qualidade de sincronizações entre a série das amostras foram feitas por COFECHA. Com as larguras dos anéis também foi avaliado o crescimento radial do tronco dos indivíduos selecionados. Para a descrição anatômica foram coletadas amostras de madeira de três indivíduos por espécie e a caracterização seguiu terminologia proposta pelo *IAWA Committee*. Todas as espécies apresentaram camadas de crescimento distintas, sendo a maioria demarcada pelo maior espessamento e achatamento radial da parede das fibras. Foi confirmado o caráter anual dos anéis de crescimento e correlações significativas pelo COFECHA, para algumas espécies, confirmaram a potencialidade destas para estudos dendrocronológicos. A avaliação retrospectiva de crescimento das árvores mostrou que cada espécie tem um ritmo de crescimento e este está inversamente relacionado à densidade da madeira, evidenciando diferentes formas de alocação de recursos. A precipitação e o fotoperíodo foram os principais fatores que influenciaram o crescimento em circunferência, já que no período do ano onde há maior precipitação e maior duração do dia há maiores taxas de incremento em circunferência do tronco. Em relação à anatomia da madeira, as descrições anatômicas apresentadas estão de acordo com a literatura encontrada para as famílias ou gêneros, contribuindo para o auxílio da identificação das espécies ou em pesquisas filogenéticas.

Palavras-chave: Mata Atlântica. Camadas de crescimento. Sazonalidade de crescimento. Árvores tropicais. Xilema secundário. Anatomia do lenho.



NASCIMENTO, Marcela Blagitz Ferraz. Growth rings, stem circumference increment and wood anatomy of tree species from a seasonal semi-deciduous forest of southern Brazil. 2013. 92f. Dissertation (Master's degree in Biological Sciences - Botany) – State University of Londrina, Londrina. 2013.

## ABSTRACT

The semi-deciduous forest is threatened due to the intense exploitation of the area for agricultural expansion, and in the Parana State, only 3.09% original area is protected. For the preservation of these environments is essential to scientifically based information related aspects of their species autoecology, as are required in the process of recovery and conservation; as well as there must be knowledge about biological diversity. With knowledge of the composition, functioning, dynamics and structure of these places it is possible to propose measures of recovery and conservation. Growth ring analysis, growth periodicity and secondary xylem anatomy are tools that contribute to this knowledge. In this context, the present study aims to detect the trees stem circumference growth periodicity, examine the growth rings formed and characterize the secondary xylem anatomy of representative tree species of semi-deciduous forest. The hypothesis are: (i) There is seasonality in stem circumference growth of trees of the species and this is related to climatic variations in the region of the study; (ii) The growth rings of the species are annual and formed due to the seasonality of the region study climatic conditions. The studies were conducted in Godoy Forest State Park and nine species were selected for the analysis of growth rings whose wood samples were extracted by non-destructive methods. The periodicity and the growth rates were assessed by monitoring the girth growth using dendrometers and for confirmation of the annuity growth rings were made periodic markings in the vascular cambium. The evaluation of the species potential for dendrochronology studies was held with the widths of growth rings, obtained by Image Pro Plus and quality evaluation of synchronizations between the series of samples were made by COFECHA. With the widths of the rings was also rated the radial growth of the stem of selected individuals. For the anatomical description, wood samples were collected from three individuals per species and the characterization followed terminology proposed by IAWA Committee. All species showed distinct growth rings and most featured by larger thickening and flattening wall of radial fibers. It was confirmed the annual training of character growth rings and significant correlations by COFECHA, for some species, confirmed the potential of these for dendrochronological studies. The retrospective evaluation of tree growth showed that each species has a growth and this is inversely related to the density of the wood, showing different ways of allocation of resources. Precipitation and the photoperiod were the main factors that influenced the circumference growth, since the period of the year where there is more precipitation and longer duration of the day there are higher increments in the stem circumference. In relation to wood anatomy, anatomical descriptions presented are in accordance with the literature found for families or genera, contributing to the aid of species identification or phylogenetic research.

**Keywords:** Atlantic rain forest. Growth layers. Seasonality of growth. Tropical trees. Secondary xylem. Wood Anatomy.

## LISTA DE FIGURAS

### 3 METODOLOGIA

- Figura 1 – Localização do Parque Estadual Mata dos Godoy (23°27' S e 51°15' O – centro do Parque), cidade de Londrina, Estado do Paraná, Brasil (adaptado de Silva e Soares-Silva 2000) .....24
- Figura 2 – Dados climáticos para a região de Londrina, Paraná Brasil. – A: Padrão de distribuição anual das médias mensais de precipitação (barras) e temperatura (-♦-) calculadas com base no registro histórico de janeiro de 1976 a dezembro de 2011 fornecido pelo Instituto Agronômico do Paraná. –B: Médias mensais de precipitação (barras), temperatura média (-♦-) e fotoperíodo (-●-) no período de avaliação da atividade cambial .....25
- Figura 3 – A. Coleta da amostra do lenho com trado de incremento, seta branca: amostra de madeira (bagueta). B. Amostras do lenho fixadas em suporte de madeira C. Aspecto do programa *Image Pro-Plus* indicando a forma de medição dos anéis de crescimento .....28
- Figura 4 – Exemplo de sincronização dos anéis de crescimento das árvores do lenho de árvores de *Cabralea canjerana* amostradas no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. --A: Séries cronológicas de todos os indivíduos. --B: Série “máster” dos anéis de crescimento.....29
- Figura 5 – A: Marcações cambiais periódicas. -- B: Coleta das amostras de marcação cambial com vazador de couro. --C: Tratamento com solução fungicida no ferimento. --D: Amostras do lenho no local da cicatriz fixadas em suporte de madeira. --Barras = 2 cm .....31
- Figura 6 – Faixas dendrométricas instalada no tronco de indivíduos de *Trichilia casaretti* (esquerda) e *Cedrela fissilis* (direita) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. Barras = 5 cm .....33

### 4 CAPÍTULO 1

- Figura 1 – Dados climáticos para a região de Londrina, Paraná, Brasil. A. Padrão de distribuição anual das médias mensais de precipitação (barras) e temperatura (-♦-) calculadas com base no registro histórico de janeiro de 1976 a dezembro de 2011 fornecido pelo Instituto Agronômico do Paraná. B. Médias mensais de precipitação (barras), temperatura média (-♦-) e fotoperíodo (-●-) no período de agosto de 2011 a setembro de 2012 .....44

Figura 2 – Fotomacrografias da secção transversal de amostras do lenho de espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. --A: <i>Alchornea glandulosa</i> . --B: <i>Alchornea triplinervia</i> . --C: <i>Aspidosperma polyneuron</i> . --D: <i>Cabralea canjerana</i> . --E: <i>Cedrela fissilis</i> . --F: <i>Chrysophyllum gonocarpum</i> . --G: <i>Croton floribundus</i> . --H: <i>Prunus myrtifolia</i> . --I: <i>Trichilia clausenii</i> . – Cabeça de setas brancas: limites dos anéis de crescimento. -- Barras = 500 µm.....	48
Figura 3 – Fotomacrografia do plano transversal de amostras do lenho evidenciando os anéis de crescimento do ano de 2010 (cabeça de seta branca) e 2011 (cabeça de seta preta). --A: <i>Alchornea triplinervia</i> . --B: <i>Cedrela fissilis</i> . --C: <i>Chrysophyllum gonocarpum</i> . --D: <i>Croton floribundus</i> . -- Barras = 2mm .....	49
Figura 4 – Correlação da série máster do programa COFECHA (linha preta) e número séries temporais analisadas (linha pontilhada cinza) de cinco espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil .....	52
Figura 5 – Incremento médio mensal em circunferência (mm) do tronco nos meses de agosto de 2011 a junho de 2012 de espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. Barra superior é o erro padrão .....	55
<b>5 CAPÍTULO 2</b>	
Figura 1 – Lenho de <i>Aspidosperma polyneuron</i> . --A: Secção transversal em Microscopia Eletrônica de Varredura. – B: Secção transversal em microscopia luz. --C: Secção longitudinal radial. --D: Secção longitudinal tangencial. – E: Vaso com placa de perfuração simples (seta branca) e traqueídes (setas pretas). -F: Traqueídes (seta preta). – Cabeça de seta preta: crescimento .....	73
Figura 2 – Lenho de Euphorbiaceae. --A: <i>Alchornea glandulosa</i> : Secção transversal (Cabeça de setas pretas: limites do anel de crescimento) --B: <i>Alchornea triplinervia</i> : secção transversal em microscopia eletrônica de varredura. (Cabeça de setas pretas: limites do anel de crescimento). --C: <i>Croton floribundus</i> : secção transversal (Cabeça de setas pretas: limites do anel de crescimento). --D: <i>Alchornea glandulosa</i> : tilo. --E: <i>Alchornea glandulosa</i> : cristais prismáticos em células do raio (seta). --F: <i>Alchornea glandulosa</i> : canal radial em secção tangencial. --G: <i>Alchornea glandulosa</i> : raios exclusivamente uniesseriados em secção radial. --H: <i>Alchornea triplinervia</i> : canal radial em secção tangencial em microscopia eletrônica de varredura. --I: <i>Alchornea triplinervia</i> : cristais prismáticos em células do raio. --J: <i>Croton floribundus</i> : pontoações intervasculares (asterisco) e radiovasculares (seta). --K: <i>Croton floribundus</i> : mácula no plano longitudinal radial .....	75

Figura 3 – Lenho de Meliaceae. --A: *Cabralea canjerana*: secção transversal. --B: *Cedrela fissilis*: secção transversal. --C: *Trichilia claussenii*: secção transversal. --D: *Cabralea canjerana*: secção radial - raios heterocelulares constituídos por células procumbentes e uma camada marginal de células quadradas. --E: *Cedrela fissilis*: secção radial - raios homocelulares constituído por células procumbentes. --F: *Cedrela fissilis*: cristais prismáticos em células do parênquima axial (seta). --G: *Trichilia claussenii*: secção tangencial - raios unicelulares. --H: *Trichilia claussenii*: secção radial - raios homocelulares constituído por células procumbentes. -- Cabeça de setas pretas: limites do anel de crescimento .....78

Figura 4 – Lenho de *Prunus myrtifolia*. --A: Secção transversal evidenciando os limites dos anéis de crescimento (cabeça de setas brancas). --B: Espessamento helicoidal presente em todo o elemento de vaso (seta). --C: Depósito nos vasos de substâncias com coloração marrom. --D: Traqueíde (seta). --E: Canal intercelular de origem traumática em secção transversal. --F: Drusas em de células procumbentes do parênquima radial (seta).....80

Figura 5 – Lenho de *Chrysophyllum*. --A: Secção transversal evidenciando os limites dos anéis de crescimento (cabeça de setas brancas). --B: Placas de perfuração simples (seta branca) e pontoações radiovasculares com tamanhos distintos na mesma célula radial (seta preta). --C: Secção tangencial – raios com porção unisseriada e porção multisseriada de igual largura. --D: Cristais prismáticos presentes em células do parênquima axial (setas pretas) .....82

## LISTA DE TABELAS

### 3 METODOLOGIA

- Tabela 1 – Espécies e número de indivíduos amostrados para estudos que avaliam a periodicidade e ritmo de crescimento, os anéis de crescimento e a anatomia da madeira no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil .....26
- Tabela 2 – Espécies, características ecológicas e diâmetro a altura do peito (DAP) mínimos, médios e máximos dos indivíduos selecionados para avaliação da periodicidade e ritmo de crescimento e anéis de crescimento no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. Deciduidade: D= decíduas, P= perenes, SD = semidecíduas; Classificação Ecológica: C= clímax, P= pioneira, SI= secundária inicial, ST= secundária tardia; Estrato: D = dominante, CD = codominante, S = subordinada .....27

### 4 CAPÍTULO 1

- Tabela 1 – Espécies, características ecológicas, número de indivíduos (N), diâmetro a altura do peito médio (DAP) e altura média dos indivíduos analisados em metodologias que avaliam a periodicidade e ritmo de crescimento e os anéis de crescimento de espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. Deciduidade: D= decíduas, P= perenes, SD = semidecíduas. Classificação Ecológica: C= clímax. P= pioneira, SI= secundária inicial, ST= secundária tardia. Desvio padrão entre parênteses .....45
- Tabela 2 – Descrição estatística gerada pelo COFECHA da datação cruzada dos anéis de crescimento das árvores das nove espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil .....51
- Tabela 3 – Estimativas das idades mínima, máxima e média das séries radiais amostradas, incremento radial médio anual (IRMA) e densidade específica da madeira de espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. Erro padrão entre parênteses .....53
- Tabela 4 – Incremento médio em circunferência e incremento acumulado em circunferência durante agosto de 2011 a setembro de 2012 em 11 espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. Erro padrão entre parênteses .....54
- Tabela 5 – Correlações de Spearman ( $r_s$ ) entre taxas de incremento mensal em circunferência do tronco e variáveis climáticas para 11 espécies arbóreas da floresta estacional semidecidual do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina,

Brasil. Asteriscos indicam correlações significativas ( $p \leq 0,05$ ). Foto = fotoperíodo médio mensal; P= precipitação total do mês corrente; T = temperatura média mensal .....57

## 5 CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil, selecionadas para o estudo .....71

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1	PERIODICIDADE E RITMO DE CRESCIMENTO.....	17
2.2	ANÉIS DE CRESCIMENTO: DENDROCRONOLOGIA, DENDROCLIMATOLOGIA E DENDROECOLOGIA.....	20
2.3	ANATOMIA DA MADEIRA.....	21
3	METODOLOGIA.....	23
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	23
3.2	ESPÉCIES.....	25
3.3	CARACTERIZAÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO E AVALIAÇÃO DENDROCRONOLÓGICA.....	28
3.4	AVALIAÇÃO DO CARÁTER ANUAL DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO.....	30
3.5	DETERMINAÇÃO DA IDADE, CRESCIMENTO RADIAL DO TRONCO DAS ÁRVORES E DENSIDADE DA MADEIRA.....	32
3.6	PERIODICIDADE E RITMO DE CRESCIMENTO.....	32
3.7	OBTENÇÃO DE DADOS CLIMÁTICOS.....	34
3.8	ANATOMIA DA MADEIRA.....	34
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
4	CAPÍTULO 1 – ANÉIS DE CRESCIMENTO, RITMO E PERIODICIDADE DO INCREMENTO RADIAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL.....	42
	Resumo.....	42
	Introdução.....	42
	Material e Métodos.....	43
	Resultados.....	47
	Discussão.....	57
	Referências.....	63
5	CAPÍTULO 2. ANATOMIA DA MADEIRA DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL.....	69

Resumo .....	69
Introdução .....	69
Material e Métodos .....	70
Resultados .....	72
Discussão .....	82
Agradecimentos .....	85
Referências .....	85
6 <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	88
<b>ANEXO</b> .....	90
ANEXO A – Instruções para Preparação dos Manuscritos – IAWA Journal .....	91



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Dentre as diversas formações florestais da Mata Atlântica, a Floresta Estacional Semidecidual encontra-se bastante ameaçada devido à intensa exploração da área para expansão agrícola; restando apenas alguns fragmentos de mata nativa, em bom estado de conservação. No Estado do Paraná, somente 3,09% da área original de Floresta Estacional Semidecidual está protegida, representado por fragmentos irregularmente distribuídos pelo Estado (JACOBS, 1999). Dentre estes fragmentos, o Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), localizado no norte do Estado, é considerado um ecossistema de referência para restauração de outras áreas e para a recomposição de matas ciliares na região (ANJOS, 2006).

Para a preservação desses remanescentes florestais é essencial a obtenção de informações cientificamente embasadas de aspectos relacionados à autoecologia das espécies, bem como deve haver o conhecimento acerca da diversidade biológica, pois somente conhecendo a composição, o funcionamento, a dinâmica e a estrutura desses locais, é possível propor medidas de recomposição e conservação (CONWAY, 1997).

Como caracterização de espécies ou compreensão de mudanças ocorridas no ambiente, a Dendrocronologia, bem como seus sub-ramos vem sendo amplamente empregada em diversos estudos. É definida como a ciência que estuda os anéis de crescimento das árvores, incluindo a datação, o tempo de formação e a relação com as condições ambientais passadas (KAENNEL; SCHWEINGRUBER, 1995). Traz referências sobre a vida do vegetal (idade e a taxa de crescimento); permite a identificação e a reconstrução das condições climáticas do passado; e detecta eventuais alterações ambientais naturais, tratando-se, portanto, de uma fonte de informações para a conservação das espécies locais (TOMAZELLO FILHO et al., 2001).

Com vistas à utilização de espécies arbóreas para estudos dendrocronológicos, se faz necessário, primeiramente, detectar se há sazonalidade na formação do xilema secundário e, conseqüentemente, formação dos anéis de crescimento. Posteriormente é necessário confirmar o caráter anual da formação dessas estruturas. Essas análises, em espécies de florestas de regiões tropicais, são mais complexas, uma vez que as condições climáticas são consideradas constantes, quando comparadas àquelas encontradas em regiões temperadas. Assim, qualquer tentativa de detectar a periodicidade de formação do lenho é uma grande contribuição para o conhecimento da dinâmica e ecologia dessas florestas (ROIG, 2000).

Já estudos que descrevem a anatomia do xilema secundário tem importância para a taxonomia, auxiliando na identificação das espécies (CURY, 2001; OLIVEIRA, 2006) para filogenia vegetal, interpretando a evolução das plantas vasculares (HAYDEN; HAYDEN, 2000; LENS et al.,

2009); e para a anatomia ecológica, compreendendo adaptações particulares ao ambiente em que o vegetal ocorre (MARCATI et al., 2001; LUCHI, 2004; BARROS et al., 2006; VOIGHT, 2009) e aliados a estudos de propriedade da madeira contribuem para identificação de espécies, caracterização, ampliação de conhecimentos fisiológicos e ecológicos, bem como indicação para usos específicos da madeira (SANTINI JUNIOR et al., 2010).

Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivos detectar a periodicidade do crescimento em circunferência do tronco das árvores, analisar os anéis de crescimento formados e caracterizar a anatomia do xilema secundário de espécies arbóreas representativas da Floresta Estacional Semidecidual. As hipóteses são: (i) Existe sazonalidade no crescimento em circunferência do tronco das árvores das espécies estudadas e esta está relacionada às variações climáticas da região de estudo; (ii) Os anéis de crescimento das espécies são anuais e formados devido à sazonalidade das condições climáticas da região em estudo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PERIODICIDADE E RITMO DE CRESCIMENTO

O crescimento vegetal é classificado em dois tipos: o apical ou primário, aquele em que os vegetais crescem longitudinalmente e o lateral ou secundário, no qual crescem em espessura. O crescimento secundário leva ao espessamento radial e fortalecimento do eixo da planta e, tipicamente, acontece pela divisão das células do câmbio vascular, um tecido bifacial, que realiza divisões celulares bidirecionais, produzindo floema secundário, externamente, e o xilema secundário internamente (SPICER; GROOVER, 2010).

Em relação aos processos fisiológicos, as árvores apresentam respostas às diversas variáveis ambientais, como temperatura, pluviosidade e umidade relativa do ar, o que pode alterar o ritmo da atividade cambial ocorrendo periodicidade de crescimento. O acompanhamento do crescimento em circunferência do tronco, feito por dendrômetros, gera informações indiretas sobre a atividade cambial e sobre a sazonalidade do crescimento em relação às condições climáticas (TOMAZELLO FILHO et al.; 2001) e a comparação do crescimento em circunferência do tronco das árvores com dados climáticos fornece a informação de qual fator climático está envolvido no ritmo de crescimento (WORBES, 1995). Em geral, a taxa de crescimento em diâmetro das árvores depende diretamente da disponibilidade de água no período de chuvas, ocorrendo uma redução da atividade cambial na estação seca (BORCHERT, 1999; KREPKOWSKI et al., 2011).

Botosso e Tomazello Filho (2001) e Schöngart et al. (2002) relataram que em espécies da Amazônia, a diminuição das taxas de crescimento em circunferência no tronco das árvores está relacionada tanto à ocorrência de um período de baixa precipitação, como também a uma maior disponibilidade de água no solo na estação chuvosa. A explicação é que em períodos de baixa precipitação há menor disponibilidade de água para o crescimento; já a saturação de água no solo leva a raiz a um estado de hipoxia, reduzindo sua atividade e conseqüentemente gerando um déficit hídrico no tronco e copa (BORCHERT, 1999; SCHÖNGART et al., 2002). Lisi et al. (2008) na Floresta Estacional do Estado de São Paulo observaram que o incremento em circunferência foi menor durante a estação seca e o crescimento foi reativado após as primeiras chuvas no início da estação chuvosa, evidenciando a influencia da precipitação no ritmo da atividade cambial. Os autores concluíram que a sazonalidade na precipitação corresponde ao efeito que promove a formação de anéis de crescimento nas espécies desse tipo florestal. Rozendaal e Zuidema (2011), em sua revisão acerca da dendroecologia (ver no tópico 2.2) nos trópicos, afirmaram que a grande maioria das espécies mostram respostas à precipitação anual total, à precipitação durante a estação seca ou úmida, à precipitação

entre períodos de transição ou mesmo à precipitação ocorrida no ano anterior, evidenciando respostas específicas para as espécies dessa região.

A periodicidade da atividade cambial também pode estar relacionada com a dinâmica de crescimento dos indivíduos, não sendo restrita somente às condições ambientais (BOTOSSO; TOMAZELLO FILHO, 2001), como quando é relacionada com a queda e brotamento de folhas, floração e frutificação, ou seja, a fenologia da espécie. Medidas obtidas por dendrômetros em diferentes espécies arbóreas de uma floresta estacional na Venezuela mostraram que espécies decíduas apresentaram um longo período de dormência cambial, durante a estação seca, enquanto as perenes apresentaram crescimento mais constante com curtas interrupções (WORBES, 1995). Cardoso (1991) relatou que quando as folhas de *Tectona grandis* L. f. (Lamiaceae) estavam em senescência e os frutos em fase de dispersão, o câmbio vascular das árvores estava em dormência; e quando as folhas estavam renovadas e em fase de desenvolvimento, ocorria a reativação do câmbio vascular. Relações semelhantes entre fenologia e atividade cambial também foram feitas por Ferreira (2002), Maria (2002), Deslauriers et al. (2008), Lisi et al. (2008), Andreacci (2012).

Os ritmos de crescimento em espécies arbóreas também foram analisados em diferentes condições edáficas. Cardoso et al. (2012) compararam a fenologia e ritmos de crescimento de duas espécies da Mata Atlântica crescendo naturalmente em dois tipos de solo, o gleissolo (hidromórfico e pobre em nutrientes) e o cambissolo (não hidromórfico e rico em nutrientes) e verificaram que as características do solo determinam a frequência, o pico e a intensidade das fenofases. Em relação ao crescimento, *Citharexylum myrianthum* Cham (Verbenaceae) apresentou maior incremento em circunferência no cambissolo, mostrando sua sensibilidade ao excesso de água e a quantidade de nutrientes, enquanto que as diferentes características do solo não tiveram nenhum efeito sobre o incremento em circunferência para *Senna multijuga* (Rich.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae).

Mais recentemente, análises do ritmo de formação do xilema secundário e do crescimento das árvores e suas relações com as condições climáticas ou ambientais vêm sendo empregada para compreensão das respostas das espécies perante as mudanças climáticas, ocasionadas por ações antrópicas ou naturais, na tentativa de prever as alterações florestais decorrentes a essas novas condições (WAGNER et al., 2012). Entender as reações de espécies nativas em relação às mudanças climáticas é de grande importância para a utilização sustentável dos remanescentes florestais, gerando opções de manejo adequado e sucesso de reflorestamento em cenários futuros (KREPKOWSKI et al., 2011). Como exemplo, um estudo do crescimento em circunferência de espécies arbóreas na Costa Rica realizado por Clarck et al. (2010) relacionou a produção de madeira (crescimento em circunferência) com a precipitação, temperatura e concentração

de CO<sub>2</sub> atmosférico; e mostrou que há uma correlação positiva do crescimento com a precipitação que ocorre durante a estação seca, e uma correlação negativa do crescimento com a temperatura mínima; além de uma ausência de correlação com os valores de CO<sub>2</sub> atmosférico. Por meio de análises estatísticas, os autores extrapolaram os resultados obtidos para um maior período de análise (24 anos) e concluíram que se período seco continuar a se intensificar e a temperatura mínima aumentar (efeitos do aquecimento global) haverá diminuição na produção de madeira em florestas tropicais. Os autores também afirmaram que, devido a essas novas condições climáticas (mais quente e seco), poderia ocorrer uma seleção de espécies aptas, gerando novos aspectos ao bioma. O estudo também mostrou que não há relação do aumento na produção de madeira com o aumento dos níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera, em longo prazo, o que derruba a hipótese de “Fertilização por CO<sub>2</sub>”.

Na tentativa de compreender os padrões de crescimento do tronco de espécies arbóreas, estudos também utilizaram a análise da largura dos anéis de crescimento formados durante a vida da planta (WORBES et al., 2003; BRIENEN; ZUIDEMA, 2005; 2006; 2007; SOLIZ-GAMBOA et al., 2011). Segundo Worbes et al. (2003) existem espécies que crescem pouco quando juvenis (formam anéis mais estreitos), quando chegam ao período reprodutivo aumentam o ritmo de crescimento (formam anéis mais largos) e quando mais velhas diminuem novamente o ritmo, caracterizando uma curva de crescimento sigmoide. Outras espécies apresentam crescimento constante por toda a vida, com curvas ascendentes em linha reta. E existem aquelas que mudam abruptamente o ritmo de crescimento, gerando curvas de crescimento sem nenhum padrão. As diferenças nos padrões de crescimento do tronco de espécies arbóreas são resultados da história de vida das espécies/indivíduos em relação às condições de disponibilidade de luz disponível (WORBES et al., 2003; BRIENEN; ZUIDEMA, 2006) ou resultado da especificidade em relação à tolerância a sombra (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006).

Worbes et al. (2003) em uma floresta semidecídua africana encontraram diferentes padrões e ritmos de crescimento que estavam diretamente relacionados à densidade da madeira formada: espécies com maiores incrementos anual apresentaram menor densidade da madeira e espécies com menores incrementos e maior densidade da madeira. Unindo informações sobre classificação ecológica, taxas de crescimento e de idade dos indivíduos, os autores classificaram três tipos principais de estratégias de vida de espécies arbóreas: (i) espécies de sub-bosque: aquelas que apresentam alta densidade da madeira, baixa taxa de incremento e não são longevas; (ii) pioneiras: espécies de baixa ou moderada densidade da madeira, altas taxas de incremento e indivíduos longevos; e (iii) emergentes: espécies com a capacidade de alcançar o dossel, com alta ou moderada densidade da madeira e são longevas. Rosa (2008) chegou a conclusões semelhantes ao gerar modelos de crescimento para espécies madeireiras da floresta de várzea da Amazônia Central.

## 2.2 ANÉIS DE CRESCIMENTO: DENDROCRONOLOGIA, DENDROCLIMATOLOGIA E DENDROECOLOGIA

Anéis de crescimento são camadas de células formadas durante um ano, no xilema ou no floema do tronco ou raízes de espécies que apresentam crescimento secundário, podendo ser vistas em secção transversal (KAENNEL; SCHWEINGRUBER 1995). A formação dos anéis de crescimento é controlada por variações periódicas da atividade cambial, induzidas tanto por fatores genéticos, quanto pela alteração das condições ambientais (WIMMER, 2001).

Para Angiospermas, os anéis de crescimento podem destacar-se por diferentes padrões de características anatômicas na madeira, proporcionando-lhes uma maior complexidade (BURGER; RICHTER 1991). Segundo IAWA Committee (1989), para essas plantas, os limites dos anéis de crescimento podem ser marcados por uma ou mais mudanças estruturais das células do xilema, como a variação da espessura e grau de achatamento radial da parede das fibras entre o lenho inicial e lenho tardio; diferenças do diâmetro dos elementos de vaso entre o lenho inicial e do lenho tardio; presença de parênquima axial marginal; elementos de vasos ou traqueídes vasculares muito estreitos e numerosos presentes no lenho tardio e ausentes no inicial; e variação na largura dos raios.

Durante muito tempo, foi consenso entre pesquisadores que somente espécies de clima temperado formariam anéis de crescimento anuais, devido às condições climáticas em regiões tropicais serem consideradas relativamente constantes ao longo do ano, porém, muitos estudos evidenciaram a formação de anéis de crescimento em espécies que crescem em regiões tropicais e subtropicais, e no Brasil, pode-se citar Botosso et al. (2000), Callado et al. (2001 a, b), Ferreira (2002), Maria, (2002), Tomazello Filho et al. (2004), Marcati et al. (2006), Iwasaki-Marochi (2007), Lisi et al. (2008), Urquiza (2008), Chagas (2009), Lobão (2011).

A análise dos anéis de crescimento tem-se mostrado um dos melhores métodos para estimar a idade e o crescimento de espécies arbóreas (WORBES; JUNK, 1999; ROZENDAAL; ZUIDEMA, 2011), permitindo assim, o desenvolvimento da Dendrocronologia, ciência que estuda os anéis de crescimento das árvores, incluindo a datação, o tempo de formação e a relação com as condições ambientais passadas (KAENNEL; SCHWEINGRUBER, 1995). Ela traz referências sobre a vida do vegetal, permite identificação e reconstrução das condições climáticas do passado, assim como as alterações ambientais naturais (TOMAZELLO FILHO et al., 2001).

Já as análises Dendroclimatológicas usam informações contidas nas larguras dos anéis de crescimento para entender a natureza da variabilidade climática. Padrões de variação na largura dos anéis anuais de crescimento são usados como registros da variação climática passada e fornecem subsídios para o estudo das mudanças climáticas (VILLALBA; VEBLEN, 1997). Lobão (2011) gerou cronologias (curvas que refletem o comprimento da largura dos anéis de crescimento em função

do tempo) de espécies de *Cedrela* spp. (Meliaceae) no estado do Acre e a comparação dessas cronologias com os anos de efeito do El Niño no Brasil mostrou que os anéis de crescimento formados no lenho das árvores nesse período são bastante estreitos. Segundo o autor, o El Niño, na Amazônia, reduz a precipitação e conseqüentemente reduz a água disponível no solo, refletindo nos processos fisiológicos dos vegetais e formação dos anéis de crescimento mais estreitos.

A Dendroecologia aplica informações contidas nos anéis de crescimento na análise da ocorrência de fenômenos ecológicos e ambientais (TOMAZELLO FILHO et al., 2001). Por meio da largura dos anéis de crescimento é possível extrair informações sobre o crescimento, idade e relações com as condições ambientais, dinâmica das populações florestais, efeito dos ventos, ocorrência de ataque de fitopatógenos, presença de metais pesados no ambiente, desenvolvimento e produtividade de ecossistemas entre outros (WORBES, 2002; BRIENEN; ZUIDEMA, 2006; ROZENDAAL; ZUIDEMA, 2011).

Em zonas temperadas a análise dos anéis de crescimento contribui para o entendimento da dinâmica de florestas e das relações entre clima e crescimento das árvores. Para os trópicos, também podem ocorrer essas contribuições, já que anéis de crescimento são formados em espécies tropicais, tornando a estimativa da idade das árvores mais precisa. Esses são dados necessários para o entendimento da ecologia florestal tropical, para guiar planos de manejo, para propor práticas de conservação e avaliar o impacto de mudanças climáticas nas florestas (ROZENDAAL; ZUIDEMA, 2011).

### 2.3 ANATOMIA DA MADEIRA

O xilema secundário (madeira, lenho) é um tecido complexo, formado por diferentes tipos celulares organizado em dois sistemas distintos: o axial (ou vertical) e o radial (ou horizontal) e ambos são derivados de divisões celulares do câmbio vascular. Dessa forma se faz necessário analisar a madeira em três planos distintos: o transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial (COSTA et al., 2006). O tecido apresenta quatro funções distintas e dependentes dos tipos celulares que o constitui: (i) hidráulica: transporte a longa distância da seiva das raízes para as folhas, realizada por elementos de vasos e traqueídes; (ii) sustentação mecânica, feito por fibras, mas com significativa contribuição dos vasos; (iii) contribuições ao metabolismo (estoque e mobilização de carboidratos, por exemplo) e (iv) defesa contra microorganismos e insetos pela produção de metabólitos secundários pelo parênquima axial e radial (BAAS; WHEELER, 2011).

Anatomia da madeira é uma subárea da Botânica que estuda o arranjo estrutural dos diversos elementos que constituem o lenho ou xilema secundário, visando determinar a origem, a

forma, dimensões e conteúdos (BURGER; RICHTER, 1991). Esse tipo de investigação tem comprovado sua importância na caracterização de espécies nativas (MARCHIORI, 1996; CURY, 2001; OLIVEIRA, 2006) na tentativa de solução de problemas taxonômicos ou auxílios na taxonomia. Para a família Sapotaceae pode-se citar Costa (2006); para o gênero *Alchornea* (Euphorbiaceae) Hayden e Hayden (2000); para o gênero *Croton* (Euphorbiaceae) Silva (2006) e Gouvea et al. (2007). A anatomia da madeira é uma ferramenta utilizada na diferenciação de madeiras de espécies aparentemente idênticas (GOUVEIA et al., 2007). Sua aplicação abrange limites ainda mais amplos quando considerado sob o ponto de vista evolutivo, por fornecer bases firmes para estudos filogenéticos (HAYDEN; HAYDEN, 2000; LENS et al., 2009).

Cury (2001) caracterizou o lenho de 41 espécies representativas do Cerrado e Mata Atlântica visando a facilidade na identificação dessas espécies. Encontrou diferenças na estrutura anatômica macro e microscópica da madeira entre e dentro de árvores de uma mesma espécie e também em relação às descrições já encontradas na literatura. Essas variações foram de ordem quantitativa, relacionada com a dimensão das células e tecidos, como também qualitativas, quando relacionadas ao tipo de células ou tecido presente ou ausente no lenho. Também gerou uma chave de identificação para essas espécies, para auxiliar na identificação das mesmas utilizando a anatomia da madeira contribuindo com pesquisas taxonômicas e filogenéticas.

Devido a escassez de estudos que caracterizassem a anatomia do xilema secundário de espécies do Cerrado, Oliveira (2006) descreveu a anatomia da madeira de avaliou padrões e variações estruturais do lenho, bem como determinou possíveis características de valor taxonômico e ecológico de 48 espécies arbustivas e arbóreas dessa fisionomia. Segundo a autora, informações sobre características anatômicas do xilema secundário de espécies de cerrado são de grande importância, uma vez que o cerrado é influenciado por fatores ambientais diversos e as espécies que aí se encontram, apresentam características morfológicas externas e internas peculiares, permitindo compreender a influência dos fatores ambientais nas características estruturais do lenho. A maioria das espécies apresentou camadas de crescimento bem definidas, porosidade difusa, sem arranjo de vasos, vasos solitários e múltiplos, placas de perfuração simples, diâmetro tangencial dos vasos pequeno (até 100  $\mu\text{m}$ ), frequência de vasos baixa (5 a 20 por  $\text{mm}^2$ ), comprimento dos elementos de vaso médio (350  $\mu\text{m}$  até 800 $\mu\text{m}$ ), fibras com parede fina a espessa, parênquima axial em faixas e paratraqueal no mesmo lenho e raios heterocelulares. Encontrou células perfuradas do raio no xilema de raízes e tronco de algumas espécies registradas pela primeira vez. Concluiu que o padrão de características anatômicas encontradas na maioria das espécies de cerrado estudadas é o comum para as espécies da flora brasileira e a elevada incidência de camadas de crescimento no lenho possibilita estudos em dendrocronologia para esse ambiente.



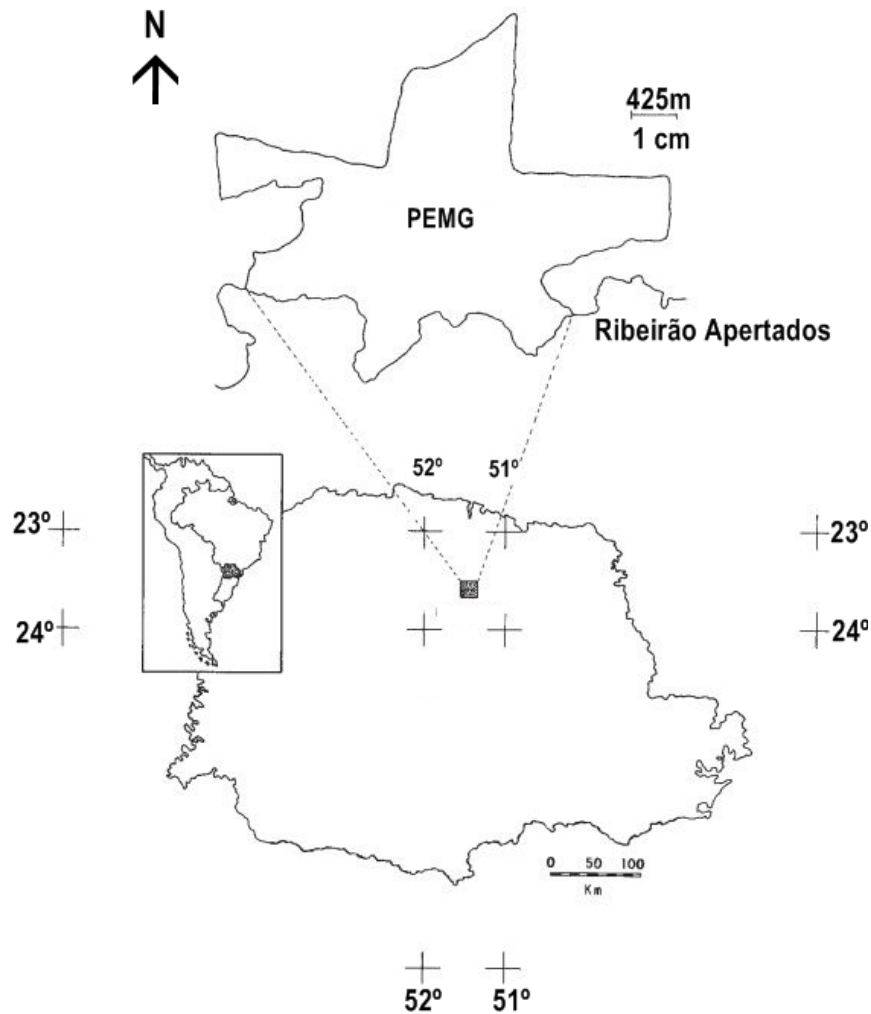
### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

Esse estudo foi conduzido no Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG) criado pelo Decreto Estadual nº 5.150 de 05 de junho de 1989. Está localizado no município de Londrina, norte do Estado do Paraná (23°27' S e 51°15' O, centro do Parque). Faz limite com propriedades particulares ao norte, leste e oeste e ao sul com o Ribeirão dos Apertados (Fig. 1). O PEMG está a aproximadamente 18 km do centro da cidade de Londrina e sua altitude varia de 500 a 600 m acima do nível do mar (BIANCHINI et al., 2003).

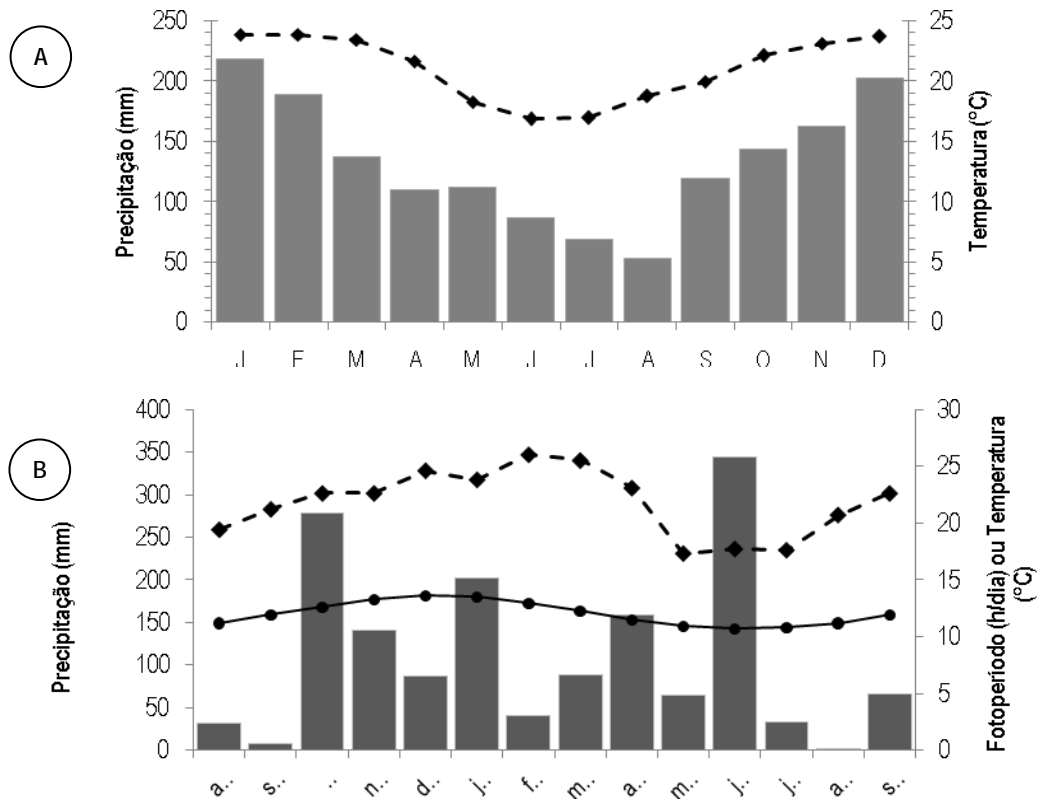
O PEMG é considerado um dos últimos remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual no Estado, vegetação que anteriormente cobria grande parte do Estado do Paraná e estendia-se até o Paraguai e Argentina. Abrange hoje uma área de aproximadamente 690 ha dos quais aproximadamente 675 ha são cobertos por vegetação florestal, considerando-se a Floresta Estacional Semidecidual, a floresta secundária e as áreas de reflorestamento (IAP, 2002).

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



As unidades de solo predominantes são o Latossolo Vermelho Eutroférico, Nitossolo Vermelho Eutroférico e associações com Neossolos Litólicos (EMBRAPA, 1999). O clima da região é do tipo Cfa caracterizado como clima tropical úmido mesotérmico (Köppen 1948). De acordo com média histórica de janeiro de 1976 a dezembro de 2011, a região de Londrina registra precipitação total anual de 1.602 mm e temperatura anual de  $21^{\circ}C$ . Observa-se a distinção entre uma estação quente e úmida de outubro a março, e uma estação mais fria e seca de abril a setembro (Fig. 2 A). Dezembro, janeiro e fevereiro são os meses com maior volume pluviométrico, com médias mensais em torno de 200 mm. Os meses mais secos são julho e agosto, quando o total de precipitação fica em torno de 70 mm. Como a pluviosidade durante o verão é cerca de duas vezes maior que no inverno, caracterizam-se duas estações bem definidas quanto à precipitação (BIANCHINI; SANTOS, 2005). Janeiro e fevereiro são os meses mais quentes, com temperatura média de  $23,9^{\circ}C$  e junho o mês mais frio, com temperatura média de  $16,9^{\circ}C$  (Fig. 2 A).

Figura 2 – Dados climáticos para a região de Londrina, Paraná Brasil. – A: Padrão de distribuição anual das médias mensais de precipitação (barras) e temperatura (-♦-) calculadas com base no registro histórico de janeiro de 1976 a dezembro de 2011 fornecido pelo Instituto Agrônomo do Paraná. –B: Médias mensais de precipitação (barras), temperatura média (-♦-) e fotoperíodo (-●-) no período de avaliação da atividade cambial.



A avaliação indireta da atividade cambial, observando o crescimento em circunferência através da utilização de faixas dendrométricas compreendeu o período de agosto de 2011 a setembro de 2012, o qual apresentou precipitação total de 1540 mm, tendo sido considerados historicamente “atípicos”, sobretudo para o mês de junho e agosto de 2012 quando os índices pluviométricos atingiram 344,2 mm e 1 mm, respectivamente (Fig. 2 B). A média térmica do período foi de 21,7 °C, fevereiro de 2012 foi o mês mais quente com média de 26 °C e maio de 2012 o mês mais frio com média de 17,3 °C.

### 3.2 ESPÉCIES

Foram selecionadas 11 espécies florestais arbóreas para avaliação da periodicidade e ritmo do crescimento em circunferência e nove espécies para avaliação dos anéis de crescimento e anatomia da madeira (Tabela 1). Informações dendrológicas e a caracterização

ecológica dos indivíduos selecionados estão na Tabela 2. Para seleção dessas espécies, foram utilizados quatro critérios: (i) representatividade no tipo vegetacional baseados no índice de valor de importância (IVI) de acordo com levantamento fitossociológico (Soares-Silva & Barroso 1992); (ii) potencial econômico e madeireiro; (iii) espécies já consideradas em outros estudos no fragmento florestal; (iv) espécies que ocupam diferentes *status* sucessionais.

Tabela 1 – Espécies e número de indivíduos amostrados para estudos que avaliam a periodicidade e ritmo de crescimento, os anéis de crescimento e a anatomia da madeira no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil.

	Nome popular	Família	Experimento / Número de indivíduos		
			Faixas dendrométricas	Anéis de crescimento	Anatomia da Madeira
<i>Alchornea glandulosa</i> Poit. & Baill.	Boleiro	Euphorbiaceae	17	5	3
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Tapiá	Euphorbiaceae	10	4	3
<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll. Arg.	Peroba-rosa	Apocynaceae	15	9	3
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Canjarana	Meliaceae	15	7	3
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	Meliaceae	15	7	3
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	Guatambú	Sapotaceae	15	6	3
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Capixingui	Euphorbiaceae	15	6	3
<i>Inga edulis</i> Mart.	Ingá-cipó	Fabaceae	15	-----	-----
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Pessegueiro-bravo	Rosaceae	11	6	3
<i>Trichilia casaretti</i> C. DC.	Catiguá	Meliaceae	15	-----	-----
<i>Trichilia clausenii</i> C. DC.	Catiguá-vermelho	Meliaceae	15	4	3

	Deciduidade *	Classificação ecológica**	Nº. Indiv. por estrato***			Periodicidade e ritmo de crescimento						Anéis de crescimento					
			D	CD	S	DAP			Altura			DAP			Altura		
						Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
<i>Alchornea glandulosa</i>	SD	SI	13	2	--	11,78	36,12	59,87	8,3	11,85	19,17	33,75	24,04	50	10,9	11,77	12,65
<i>Alchornea triplinervia</i>	SD	SI	10	--	--	17,2	34,2	57,3	3,71	10,5	13,5	39,49	46,92	57,32	10,5	11,33	12
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	SD	ST	15	--	--	19,42	32,22	63,05	10,87	14,87	18,88	19,42	33,16	63,05	10,87	15,47	20,77
<i>Cabralea canjerana</i>	P	SI	14	1		19,43	27,26	41,08	8,98	12	16,91	22,29	36,75	51,59	9,5	13,55	16,91
<i>Cedrela fissilis</i>	D	ST	13	--	--	15,92	22,36	41,08	7,4	10,22	14,2	18,15	28,92	58,91	7,4	10,72	14,2
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	SD****	ST	10	3	--	16,87	27,9	50,95	7,2	10,86	13,95	26,11	38	50,95	11,04	12,49	13,95
<i>Croton floribundus</i>	SD	SI	14	--	--	14,64	30	50,95	5,5	12,96	14,95	23,88	29,29	36,94	12,32	12,52	12,72
<i>Inga edulis</i>	SD	P	10	4	--	11,78	19,17	29,61	6,7	15,78	12,31	--	--	--	--	--	--
<i>Prunus myrtifolia</i>	P	SI	8	2	--	12,42	24,7	44,9	7,1	13,86	32,5	14,64	27,07	44,9	7,1	9,66	11,06

<i>Trichilia casaretti</i>	P	C	7	8	--	11,62	14,35	21,66	5,5	8,98	12,4	--	--	--	--	--	--
<i>Trichilia clausenii</i>	P	C	3	8	4	10,98	13,21	14,01	6,12	9,53	12,58	9,8	13,99	16,87	6,83	9,6	12,37

**Tabela 2** – Espécies, características ecológicas e diâmetro a altura do peito (DAP) mínimos, médios e máximos dos indivíduos selecionados para avaliação da periodicidade e ritmo de crescimento e anéis de crescimento no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. Deciduidade: D= decíduas, P= perenes, SD = semidecíduas; Classificação Ecológica: C= clímax, P= pioneira, SI= secundária inicial, ST= secundária tardia; Estrato: D = dominante, CD = codominante, S = subordinada.

\*Extraído de Perina (2011).

\*\*Classificação adotada por Silva e Soares-Silva (2000).

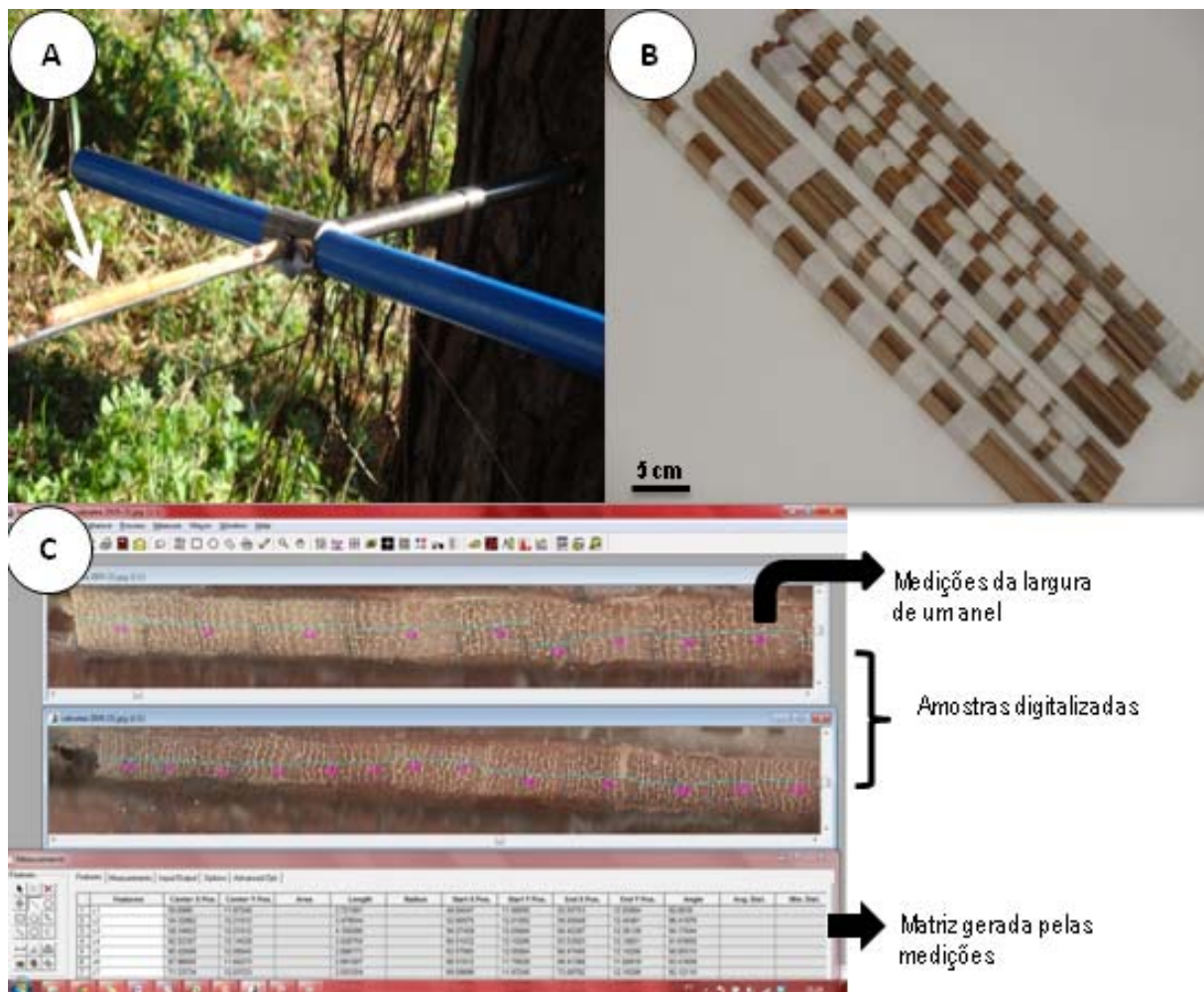
\*\*\*Classificação adotada por Ferreira-Fedele et al. (2004).

\*\*\*\*Bianchini et al. (2006).

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO E AVALIAÇÃO DENDROCRONOLÓGICA

Amostras do lenho foram coletadas pelo método não destrutivo, o qual consiste na retirada de cilindros de madeira (baguetas) do tronco das árvores, com aproximadamente 5 mm de diâmetro, com auxílio de um trado de incremento (Fig. 3 A). Para cada indivíduo selecionado, foram coletadas de duas a quatro amostras de madeira (séries temporais radiais), diametralmente opostas, a aproximadamente 1,30 m do solo. Procurou-se, sempre que possível, amostras que compreendessem a totalidade dos anéis de crescimento, contendo da casca a medula.

Figura 3 – A. Coleta da amostra do lenho com trado de incremento, seta branca: amostra de madeira (bagueta). B. Amostras do lenho fixadas em suporte de madeira C. Aspecto do programa *Image Pro-Plus* indicando a forma de medição dos anéis de crescimento.

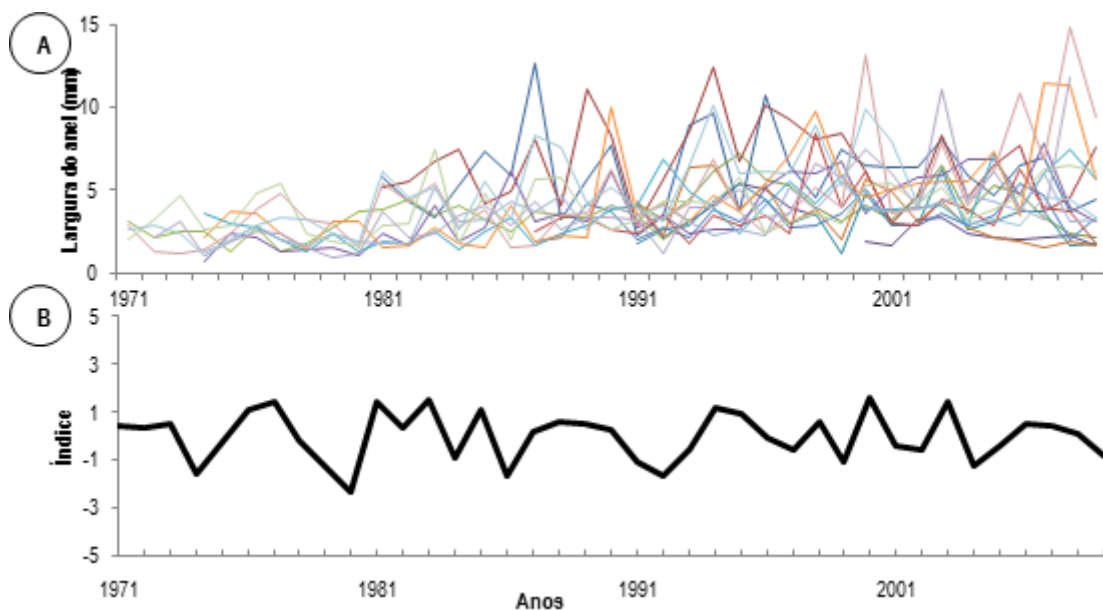


No local de retirada da amostra no tronco, foi aplicado solução fungicida e o orifício foi vedado com massa de vidraceiro, para evitar eventuais danos às árvores, minimizando os riscos de proliferação de fitopatógenos. As amostras coletadas foram devidamente identificadas; e em laboratório

foram fixadas em suporte de madeira (Fig. 3 B) e sua superfície transversal polida com papel abrasivo de diferentes granulometrias (180 a 600 grãos/cm<sup>2</sup>) até a obtenção de uma superfície suficientemente nítida para análise macroscópica dos anéis de crescimento. A terminologia utilizada para a caracterização da estrutura macroscópica dos anéis de crescimento do lenho das árvores foi realizada de acordo com IAWA *Committee* (1989).

Para a avaliação dendrocronológica, seguiu-se com o reconhecimento e a marcação dos limites dos anéis de crescimento de todas as amostras, utilizando-se estereomicroscópio LEICA modelo Z45V. Para a medição da largura dos anéis previamente demarcados, as amostras foram digitalizadas em scanner Genius Color Vivid 1200 XE (resolução 1200 dpi) juntamente com uma escala. A largura dos anéis de crescimento foi determinada pelo programa *Image Pro-Plus*, a partir da calibração do *software* com o uso da escala digitalizada tendo como referência os anéis previamente marcados (Fig. 3 C). Para o início da sincronização, as matrizes geradas com os dados de largura dos anéis foram importadas para *Microsoft Office Excel* onde, por meio de comparação entre as séries cronológicas, houve a identificação e ajustes de possíveis intervalos problemáticos (erros de marcação), caracterizados por pouca sincronização entre as séries. Séries cronológicas são gráficos em que no eixo “Y” estão as larguras dos anéis de crescimento e no eixo “X” o respectivo ano de cada anel de crescimento. (Figura 4 A).

Figura 4 – Exemplo de sincronização dos anéis de crescimento das árvores do lenho de árvores de *Cabralea canjerana* amostradas no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. --A: Séries cronológicas de todos os indivíduos. --B: Série “máster” dos anéis de crescimento.





Após esse controle inicial houve a avaliação da qualidade das sincronizações utilizando-se o programa COFECHA. O programa correlacionou segmentos de cada série cronológica de anéis de crescimento com a média construída com todas as demais cronologias, a chamada série “máster”. Para tal, foi dado o período de fragmentação (tamanho, em anos, que o programa deve fragmentar as amostras) para realização dos cálculos de correlação. O tamanho da fragmentação é dependente do tamanho total da amostra, sendo que o comprimento selecionado é aproximadamente a metade do comprimento total das séries analisadas (GRISSINO-MAYER, 2001), assim, foi estabelecido para as espécies fragmentação de 40 anos, com sobreposição de 20 anos. O COFECHA determinou as correlações (Pearson  $\alpha=1\%$ ) por meio da sobreposição desses segmentos, entre as séries individuais e a série máster e, identificou os eventuais erros de medição, devido aos anéis de crescimento ausentes ou falsos, evidenciados por baixas correlações entre as séries.

A série “máster” gerada pelo COFECHA é uma média representativa de todas as séries cronológicas individuais (Fig. 4 A) e os valores médios obtidos foram transformados em logaritmos, gerando índices que representam a série “master” (Fig. 4 B). A transformação desses valores em logaritmos tornam as diferenças nas medidas da largura dos anéis de crescimento mais homogêneas (GRISSINO-MAYER, 2001).

#### 3.4 AVALIAÇÃO DO CARÁTER ANUAL DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO

Para determinar a periodicidade de formação dos anéis de crescimento, foi utilizado o método considerado “dinâmico” (FAHN et al., 1981) que consiste na marcação periódica do câmbio vascular. Foram feitas incisões de aproximadamente 0,5 x 5 cm (largura x altura) no tronco das árvores, até atingir a região do câmbio, a aproximadamente 1,30 m do solo. Foram realizadas três marcações cambiais anuais (2009, 2010 e 2011) (Fig. 5 A) as quais foram feitas criteriosamente sempre nas mesmas datas e período, durante o inverno, segundo recomendações de Mariaux (1967). Esse período é considerado mais seco e com temperaturas mais baixas, portanto presume-se que a atividade cambial seja mais reduzida e que esteja formando o final do anel de crescimento. Dessa forma, qualquer tecido formado após essa marcação é referente ao anel do ano seguinte, o que facilita a análise posterior.

Figura 5 – A: Marcações cambiais periódicas. -- B: Coleta das amostras de marcação cambial com vazador de couro. --C: Tratamento com solução fungicida no ferimento. --D: Amostras do lenho no local da cicatriz fixadas em suporte de madeira. --Barras = 2 cm.



As coletas das amostras de madeira, no local da cicatriz e áreas adjacentes ao tecido cicatricial, foram realizadas em agosto de 2012, um ano após a última marcação. Para tal foi utilizado um extrator manual (vazador de couro) (Fig. 5 B), para retirada de amostras de até 5 cm de profundidade. O ferimento formado foi tratado com solução antifúngica e obstruído por massa de vidraceiro visando minimizar eventuais danos e/ou a infestação por patógenos (Fig. 5 C). As amostras de madeira extraídas foram fixadas em suporte próprio (Fig. 5 D) e polidas com papel abrasivo de diferentes granulações (180 – 600 grãos/cm<sup>2</sup>).

A interpretação desse método consiste na identificação da cicatriz formada na madeira e detecção dos anéis formados após essa cicatriz. Dessa forma, a diferença entre o ano da marcação cambial e o ano da retirada do lenho permite verificar se há ou não o caráter anual de sua formação, com base na caracterização anatômica macroscópica da estrutura da madeira, além de permitir a identificação e caracterização de anéis falsos, aqueles formados entre os limites dos anéis verdadeiros.

### 3.5 DETERMINAÇÃO DA IDADE, CRESCIMENTO RADIAL DO TRONCO DAS ÁRVORES E DENSIDADE DA MADEIRA

A partir das sincronizações das séries temporais radiais dos anéis de crescimento foi possível estimar a idade de cada indivíduo e fazer uma caracterização etária desse grupo de espécies, uma vez que a quantidade de anéis da série de larguras dos anéis de crescimento de cada indivíduo equivale a idade da árvore. Da mesma forma foram feitos os estudos de crescimento radial do tronco das árvores selecionadas utilizando o incremento radial médio anual (IRMA), obtido a partir dos resultados de incremento radial total, dividido pelo número de anos que compõe cada série de largura dos anéis de crescimento.

Para determinação da densidade específica da madeira, a ser relacionada com as taxas de incremento radial, foi retirada uma amostra radial do tronco, a 1,30m do solo de cada indivíduo amostrado para análise dos anéis de crescimento (Tabela 1). Cada amostra de madeira extraída foi fracionada em subamostras de dois centímetros, as quais foram imersas em água destilada e submetidas a vácuo até a saturação (peso constante). Posteriormente as amostra foram secas em estufa a 105°C até a obtenção da massa da matéria seca. A densidade da amostra foi obtida pela equação:

$$db = \frac{1}{\left(\frac{m1}{m2}\right) - 0,346}$$

em que,  $db$  = densidade da madeira ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );  $m1$  = massa saturada da amostra (g);  $m2$  = massa seca (g) e 0,346 uma constante pré determinada pelas normas da ABNT 11941 (2003) para a estimativa da densidade da madeira, pelo método “Máximo Teor de Umidade”.

As madeiras apresentaram baixa densidade quando  $d \leq 0,50 \text{ g}/\text{cm}^3$ ; média densidade quando o valor variou de  $0,50 - | 0,72 \text{ g}/\text{cm}^3$  e alta densidade quando  $d > 0,72 \text{ g}/\text{cm}^3$ . Essa classificação seguiu Normas e Procedimentos em Estudos de Anatomia da Madeira: I. Angiospermae II. Gimnospermae. (IBAMA, 1991).

A relação entre a densidade da madeira e IRMA foi avaliada utilizando correlação de Pearson, assumindo  $\alpha=0,05$ .

### 3.6 PERIODICIDADE E RITMO DE CRESCIMENTO

Para avaliação indireta da atividade cambial, determinando o ritmo de crescimento em circunferência das espécies também foi utilizado o método denominado “dinâmico” (FAHN et al., 1981) que consiste na implementação de faixas dendrométricas no tronco das árvores (Fig. 6), a

aproximadamente 1,30 m do solo, e a avaliação contínua do crescimento em circunferência. Para essa análise foram selecionadas 11 espécies (Tabela 1) totalizando 158 indivíduos. Os dendrômetros foram confeccionados em aço inoxidável e mantidos permanentemente nos troncos das árvores sob tração de uma mola de aço inoxidável. São dotados de escalas graduadas com precisão de leitura da ordem de 0,2 mm no incremento em circunferência. Foram realizadas leituras mensais compreendendo o período de julho de 2011 a setembro de 2012. O período de análise e determinação do incremento médio mensal foi de agosto de 2011 a setembro de 2012, uma vez que é necessário uma medida inicial para verificar o incremento referente ao mês corrente.

**Figura 6** – Faixas dendrométricas instalada no tronco de indivíduos de *Trichilia casaretti* (esquerda) e *Cedrela fissilis* (direita) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. Barras = 5 cm.



Para relacionar o incremento médio em circunferência do tronco das árvores com dados climáticos (temperaturas, precipitação e fotoperíodo) foram feitas correlações de Spearman, assumindo  $\alpha=0,05$ .

### 3.7 OBTENÇÃO DE DADOS CLIMÁTICOS

Os dados de temperatura e precipitação foram fornecidos e coletados através da estação meteorológica do setor de Agrometeorologia do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), localizada a aproximadamente 15 km da área de estudo e 585 m de altitude. O fotoperíodo médio mensal foi calculado segundo Forsythe et al. (1995).

### 3.8 ANATOMIA DA MADEIRA

A coleta das amostras para a análise da estrutura anatômica da madeira de nove espécies (Tabela 1) foi realizada pelo método não destrutivo, utilizando-se de formão e martelo. Foram selecionados três indivíduos por espécies e para a retirada da amostra de madeira foi feita uma cava no tronco das árvores até atingir o xilema secundário. Na região do ferimento foi aplicado solução fungicida e o mesmo vedado com massa de vidraceiro, a fim de evitar contaminação por fitopatógenos. As amostras coletadas foram fixadas em F.A.A. 70% e posteriormente moldadas em pequenos cubos, os corpos de prova. Quando necessário, os corpos de prova foram submetidos ao amolecimento em água fervente e glicerina até o ponto de corte.

Os cortes histológicos foram feitos utilizando micrótomo de deslizamento LEICA modelo GMBH com 20-30  $\mu\text{m}$  de espessura, nos planos transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial com navalha tipo C. As seções foram clarificadas em soluções de hipoclorito de sódio 50%, lavadas em três banhos de água por 15 minutos cada, coradas em solução de Azul de astra e Fucsina básica e montadas em lâminas semi-permanentes (KRAUS; ARDUIN, 1997).

A dissociação dos elementos celulares do lenho foi pelo método de Franklin (KRAUS; ARDUIN, 1997) que consiste em colocar fragmentos do corpo de prova, com espessura de 2 mm, em solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio (1:1) a 20% em tubos de ensaio vedados em estufa a 60°C por pelo menos 12 horas. O material dissociado foi lavado em água corrente, corado em Fucsina básica e montado em lâminas semi-permanentes.

Para a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) seções do plano transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial dos corpos de prova foram desidratadas em séries alcoólicas como meio substituinte de ponto crítico de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). As amostras secas foram fixadas em suportes de alumínio com auxílio de fita de carbono dupla-face e cobertas com 20 nm de ouro. As imagens foram feitas em Microscópio Eletrônico de Varredura FEI modelo QUANTA 200 marca Philips.

A terminologia utilizada nas descrições seguiu as recomendações do IAWA Committee (1989). Para as variáveis quantitativas, como frequência, diâmetro tangencial e comprimento dos elementos de vaso; diâmetro das pontoações vasculares; comprimento e espessura da parede das fibras; e frequência e altura dos raios foram feitas 30 medições por espécie (10 medições por indivíduo). As imagens foram obtidas com câmera de captura acoplada a microscópio óptico Zeiss e as medições e escalas realizadas pelo programa *Motic Image Plus* v. 2.0.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2003. Madeira - Determinação da densidade básica. Comissão de estudo de madeira para fabricação de pasta celulósica, NBR 11941.
- Andreacci, F. 2012. 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. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Anjos, L. 2006. Conservação do Parque Estadual Mata dos Godoy. In: J.M.D. Torezan (ed.), Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy: 168 -- 169. Itedes, Londrina.
- Baas, P. & E.A. Wheeler. 2011. Wood anatomy and climate change. In T.Hodkinson, M. Jones, S. Waldren & J. Parnell (eds.), Climate change, Ecology and Systematics: 141 -- 155. Cambridge University Press, Cambridge.
- Barros, C.F., M.L. Marcon-Ferreira, C.H. Callado, H.R.P. Lima, M. Cunha, O. Marquete & C.G. Costa. 2006. Tendências ecológicas na anatomia da madeira de espécies da comunidade arbórea da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio De Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*. 57: 443 -- 460.
- Bianchini, E., J.A. Pimenta & F.A.M. Santos. 2006. Fenologia de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Fichler) Engl. (Sapotaceae) em floresta semidecídua do Sul do Brasil. *Rev Brasil Bot.* 29: 595 -- 602.
- Bianchini, E., R.S. Popolo, M.C. Dias & J.A. Pimenta. 2003. Diversidade e estrutura de espécies arbóreas em área alagável do município de Londrina, sul do Brasil. *Acta Bot Bras.* 17: 405 -- 419.
- Bianchini, E. & F.A.M. Santos. 2005. Herbivoria foliar em *Chrysophyllum gonocarpum* (Sapotaceae) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scient Biol.* 27: 285 -- 290.
- Borchert, R. 1999. Climatic periodicity, phenology and cambium activity in tropical dry forest trees. *IAWA J.* 20: 239 -- 247.
- Botosso, P.C. & M.Tomazello Filho. 2001. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. In: N.B. Maia, H.L. Martos & W. Barella, (eds.), Indicadores ambientais: conceitos e aplicações: 145 --172. EDUC, São Paulo.
- Botosso, P.C., R.E. Vetter & M.Tomazello Filho. 2000. Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata* L., Meliaceae), jacareúba (*Calophyllum angulare* A. C., Clusiaceae) e muirapiranga (*Eperua bijuga* Mart. ex Benth., Leg. Caesalpinoideae). In: F.A. Roig (ed.), *Dendrocronologia en América Latina*: 357 -- 379. EDIUNC, Mendoza.
- Brienen, R.J.W. & P.A. Zuidema. 2005. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. *Oecol.* 146: 1 -- 12.
- Brienen, R.J.W. & P.A. Zuidema. 2006. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain Forest trees obtained by tree ring analysis. *J Ecol.* 94: 481 -- 493.
- Brienen, R.J.W. & P.A. Zuidema. 2007. Incorporating persistent tree growth differences increases estimates of tropical timber yield. *Front Ecol Environ.* 5: 302 -- 306.
- Burger, L.M. & H.G. Richter. 1991. Anatomia da Madeira. Livraria Nobel, São Paulo.

- Callado, C.H., S.J. Silva Neto, F.R. Scarano, C.F. Barros & C.G. Costa. 2001a. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. *Trees-Struct Funct.* 8: 492 -- 497.
- Callado, C.H., S.J. Silva Neto, F.R. Scarano, C.F. Barros & C.G. Costa. 2001b. Anatomical features of growth rings in flood-prone trees of the Atlantic rain forest in Rio de Janeiro, Brazil. *IAWA J.* 22: 29 -- 42.
- Cardoso, N.S. 1991. Caracterização da estrutura anatômica da madeira, fenologia e relações com a atividade cambial de árvores de teca (*Tectona grandis* L.) – Verbenaceae. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- Cardoso, F.C.G., R. Marques, P.C. Botosso & M.C.M. Marques. 2012. Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. *Plant Soil.* 354: 269 -- 281.
- Chagas, M.P. 2009. Caracterização dos anéis de crescimento e dendrocronologia de árvores de *grevillea robusta* A. Cunn, *Hovenia dulcis* Thunb., *Persia americana* Mill., *Tabebuia pentaphylla* Hemsl., *Terminalia catappa* L. nos municípios de Piracicaba e Paulínia, SP. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- Clarck, D.B., D.A. Clarck & S. Oberbauer. 2010. Annual wood production in a tropical rain Forest in NE Costa Rica linked to climatic variation but not to increasing CO<sub>2</sub>. *Global Change Biol.* 16: 747 -- 759.
- Conway, W. 1997. A tecnologia pode ajudar na preservação das espécies? In: E.O. Wilson (ed), *Biodiversidade*: 333 -- 341. Nova Fronteira, Rio de Janeiro.
- Costa, A.D.C. 2006. Anatomia da madeira em Sapotaceae. Tese (Doutorado em Ciências – Botânica) Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Costa, C.G., C.H. Callado, V.T.R. Coradin & S. M. Carmello-Guerreiro. 2006. Xilema. In: B. Appezzato-Da-Glória; S.M. Carmello-Guerreiro (ed.), *Anatomia Vegetal*: 129 -- 154. Viçosa: Editora UFV.
- Cury, G. 2001. Descrição da estrutura anatômica do lenho e sua aplicação na identificação de espécies arbóreas do Cerrado e da Mata Atlântica do Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- Deslauriers, A., S. Rossi, T. Anfodillo & A. Saracino. 2008. Cambial phenology, wood formation and temperature thresholds in two contrasting years at high altitude in southern Italy. *Tree Physiol.* 6: 863 -- 871.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro.
- Fahn, A., J. Burley, K.A. Longman & A. Mariaux. 1981. Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees. In: F.H Bormann; B. Berlyn (eds.), *Age and growth rate of tropical trees: new directions for research*: 83 -- 100. Yale University: New Haven.
- Ferreira, L. 2002. Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de florestas estacionais semidecíduas da região sudeste do Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- Ferreira-Fedele, L., M. Tomazello, P.C. Botosso & E. Giannotti. 2004. Periodicidade do crescimento de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (guarantã) em duas áreas da região Sudeste do Estado de São Paulo. *Scientia Forestalis.* 65: 141 – 149.



- Forsythe, W.C., E.J. Rykiel, R.S. Stahl, H.E. Wu & R.M. Schoolfield. 1995. A model comparison for daylength as a function of latitude and day of year. *Ecol Model.* 80: 87 -- 95.
- Gouveia, T.C., S.M.B. Florsheim, J.A. Pastore, O.T. Aguiar, & I.L. Lima. 2007. Morfologia, anatomia do lenho e densidade básica de *Croton floribundus* Spreng e *Croton macrobothrys* Baill. *IF S Reg.* 31: 45 -- 49.
- Grissino-Mayer, H.D. 2001. Evaluating cross dating accuracy: manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree Ring Research.* 57: 205 -- 221.
- Hayden, W.J. & S.M. Hayden. 2000. Wood anatomy of Acalyphoideae (Euphorbiaceae). *IAWA J.* 21: 213 -- 235.
- IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull.* 10: 219 -- 332.
- IAP – Instituto Ambiental do Paraná. 2002. Plano de Manejo do Parque Estadual Mata dos Godoy. Disponível em: <http://www.uc.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=27>.
- IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. 1991. Normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I Angiospermae. II Gimnospermae. LPF – Série técnica n. 15. Brasília: Diretoria de incentivo à pesquisa e divulgação/Laboratório de Produtos Florestais.
- Iwasaki-Marochi, C. 2007. Anéis anuais de crescimento do cedro (*Cedrela fissilis* - Meliaceae) aplicados à avaliação da taxa de crescimento e dendroclimatologia. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- Jacobs, G.A. 1999. Evolução dos remanescentes florestais e áreas protegidas no Estado do Paraná. *Cadernos de Biodiversidade.* 2: 73 -- 81.
- Kaennel, M. & F.H. Schweingruber. 1995. Multilingual glossary of dendrochronology: terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research; Berne.
- Köppen, W. 1948. *Climatologia: con um estudio de los climas de la tierra.* Fondo de Cultura Economica, México.
- Krauss, J.E. & M. Arduin. 1997. *Manual Básico de Métodos em Morfologia Vegetal.* Edur, Seropédica.
- Krepkowski, J., A. Bräuning, A. Gebrekirstos & S. Strobl. 2011. Cambial growth dynamics and climatic control of different tree life forms in tropical mountain forest in Ethiopia. *Trees-Struct Funct.* 25: 59 -- 70.
- Lens F., M. E. Endress, P. Baas, S. Jansen & E. Smets. 2009. Vessel grouping patterns in subfamilies Apocynoideae and Periplocoideae confirm phylogenetic value of wood structure within Apocynaceae. *American Journal of Botany.* 96: 2168 -- 2183.
- Lisi, C., M. Tomazello Filho, P.C. Botosso, F.A. Roig, V.R.B. Maria, L. Ferreira-Fedele & A.R.A. Voigt. 2008. Tree-ring formation, radial increment periodicity and phenology of tree species from a Seasonal Semi-deciduous Forest in Southeast Brazil. *IAWA J.* 29: 189 -- 207.
- Lobão, M.S. 2011. 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. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

Luchi, A.E. 2004. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. *Rev Brasil Bot.* 27: 271 -- 280.

Marcati, C.R., J.S Oliveira & S.R. Machado. 2006. Growth rings in Cerrado woody species: occurrence and anatomical markers. *Biota Neotropica.* 6: 1 -- 31.

Marcati, C.R., V. Angyalossy-Alfonso & L. Benetati. 2001. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. *Rev Brasil Bot.* 24: 311 -- 320.

Marchiori, J.N.C. 1996. Anatomia do xilema secundário de *Mimosa incana* (Spreng.) Benth. *Ciência Florestal.* 6: 53 -- 63.

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

Mariaux, A. 1967. Les cernes dans les bois tropicaux africains nature et périodicité. *Bois et Forêts des Tropiques.* 114: 23 -- 27.

Melo Junior, J.C.F., G. Ceccantini & C. Bona. 2011. Anatomia ecológica do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae) distribuída em diferentes condições edáficas do cerrado sul-brasileiro. *Ihering Bot.* 66: 189 -- 200.

Oliveira, J.S. 2006. Variações estruturais do lenho de espécies de cerrado do Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Perina, B.B. 2011. Fenologia de espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecidual do sul do Brasil. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

Roig, F.A. 2000. Dendrocronología en los bosques del Neotrópico: revisión y prospección futura. In: F.A. Roig (ed.), *Dendrocronología en América Latina*: 307 -- 355. Mendoza

Rosa, S.A. 2008. Modelos de crescimento de quatro espécies madeireiras de Floresta de Várzea da Amazônia Central por meio de métodos dendrocronológicos. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/ Botânica). Instituto de Pesquisa da Amazônia, Manaus.

Rozendaal, D.M.A. & P.A. Zuidema. 2011. Dendroecology in the tropics: a review. *Trees-Struct Funct.* 25: 3 -- 16.

Santini Junior, L., E.L. Longui, I.L. Lima, O.T. Aguiar & S.M.B. Florsheim. 2010. Análise anatômica qualitativa e quantitativa e densidade básica da madeira de *Alchornea sidifolia* Müll. Arg. (Euphorbiaceae). *Rev Inst Flor.* 22: 201 -- 214.

Schöngart, J., M.T. Piedade, S. Ludwigshausen, V. Horna & M. Worbes. 2002. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian flood plain forests. *J Trop Ecol.* 18: 581 -- 597.

Silva, L.B. 2006. Variação na estrutura da madeira de quatro espécies da Caatinga nordestina e seu potencial para o desenvolvimento sustentável. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Feira de Santana, Feira de Santana.

- Silva, F.C. & L.H. Soares-Silva. 2000. Arboreal flora of the Godoy Forest State Park, Londrina, PR, Brazil. *Edinburgh J Bot.* 57: 107 -- 120.
- Soares-Silva, L.H. & G.M. Barroso. 1992. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta na porção norte do Parque Estadual Mata do Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. *Anais 8º Congresso da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.* [s.v.] 101--112.
- Soliz-Gamboa, C.C., M.A.D. Rozendaal, G. Ceccantini, V. Angyalossy, K. Borg, & P.A. Zuidema. 2011. Evaluating the annual nature of juvenile rings in Bolivian tropical rain forest trees. *Trees.* 25: 17 -- 27.
- Spicer, R. & A. Groover. 2010. Evolution of development of vascular cambia and secondary growth. *New Phytol.* 186: 577 -- 592.
- Tomazello Filho, M., P.C. Botosso & C.S. Lisi. 2001. Análise e aplicação dos anéis de crescimento em árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: N.B. Maia., H. L. Martos & W. Barreia (eds.), *Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações:* 117 -- 143. EDUC, São Paulo.
- Tomazello Filho, M., C.S. Lisi, N. Hansen & G. Cury. 2004. Anatomical features of increment zones in different trees in State of São Paulo, Brazil. *Sci For.* 66: 46 -- 55.
- Urquiza, M.V. 2008. Crescimento e idade de cinco espécies arbóreas do morro Santa Cruz, Corumbá – MS. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Villalba, R. & T.T. Veblen. 1997. Spatial and temporal variation in *Austrocedrus* growth along the forest-steppe ecotone in northern Patagonia. *Can J Forest Res.* 27: 580 -- 597.
- Voigt, A.R.A. 2009. Anatomia comparada do lenho da espécie *Caryocar Brasiliense* Camb. (Caryocaraceae) em áreas de Cerrado no Sudeste e Centro-Oeste Do Brasil. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Wagner, F., V. Rossi, C. Stahl, D. Bonal & B. Hérault. 2012. Water availability is the main climate driver of Neotropical tree growth. *PLoS ONE.* 7: 1 -- 12.
- Wimmer, R. 2001. Arthur Freiherr von Seckendorff-Gudent and the early history of tree-ring crossdating. *Dendrochronol.* 19: 153 -- 158.
- Worbes, M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees - A review. *IAWA J.* 16: 337 -- 351.
- Worbes, M. 2002. One hundred years of tree-ring research in the tropics - a brief history and an outlook to future challenges. *Dendrochronol.* 20: 217 -- 231.
- Worbes, M. & W.J. Junk. 1999. How old are tropical trees? The persistence of a myth. *IAWA J.* 20: 255 -- 260.
- Worbes, M., R. Staschel, A. Roloff & W.J. Junk. 2003. Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. *Forest Ecol Manag.* 173: 105 --123.

ANÉIS DE CRESCIMENTO, RITMO E PERIODICIDADE DO INCREMENTO RADIAL DE ESPÉCIES  
ARBÓREAS DA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL\*

---

\* Artigo estruturado segundo as normas do periódico indexado IAWA Journal (ISSN 0928-1541) Instruções de preparação do manuscrito: Anexo A.

## 4 CAPÍTULO 1

### Anéis de Crescimento, Ritmo e Periodicidade do Incremento Radial de Espécies Arbóreas da Floresta Estacional Semidecidual do Sul do Brasil

Marcela B. F. Nascimento<sup>1</sup>, Paulo C. Botosso<sup>2</sup> e Moacyr E. Medri<sup>1</sup>

**Resumo:** Esse estudo teve como objetivos detectar a periodicidade do crescimento em circunferência do tronco das árvores e analisar os anéis de crescimento formados, incluindo a caracterização, a confirmação do caráter anual dessas estruturas e uma análise dendrocronológica inicial. As hipóteses são: (i) Existe sazonalidade no crescimento em circunferência do tronco das árvores das espécies estudadas e esta está relacionada às variações climáticas da região de estudo; (ii) Os anéis de crescimento das espécies são anuais e formados devido à sazonalidade das condições climáticas da região. Amostras do lenho foram coletadas pelo método não destrutivo e as análises dos anéis de crescimento foram: descrição macroscópica dos limites dos anéis; avaliação do caráter de formação pela marcação cambial; avaliação do potencial dendrocronológico das espécies; e a avaliação histórica de crescimento utilizando-se o incremento radial médio anual (IRMA). Para detectar a periodicidade do crescimento em circunferência do tronco utilizou-se faixas dendrométricas permanentes. A formação anual dos anéis de crescimento foi evidenciada, bem como houve diferenças nos padrões estruturais dos mesmos. Análises dendrocronológicas preliminares evidenciaram o potencial de algumas dessas espécies para futuros estudos dendrocronológicos/ecológicos. A avaliação histórica de crescimento evidenciou uma relação inversa entre IRMA e densidade da madeira; e por fim, a precipitação e o fotoperíodo foram os fatores climáticos que mais influenciam o incremento em circunferência do tronco.

**Palavras-chave:** Floresta tropical. Mata Atlântica. Sazonalidade de crescimento. Camadas de crescimento. Incremento radial. Periodicidade de crescimento em circunferência.

#### Introdução

A avaliação da dinâmica da atividade cambial gera informações sobre os ritmos de crescimento em circunferência do tronco das espécies e, quando relacionadas às variáveis ambientais, determinam quais fatores estão envolvidos nesse crescimento (Worbes 1995). Para várias espécies tropicais, foi verificado que o crescimento em circunferência das árvores depende diretamente da disponibilidade de água, ocorrendo uma redução da atividade cambial na estação seca (Ferreira 2002; Maria 2002; Callado *et al.* 2001a; Lisi *et al.* 2008; Krepkowski *et al.* 2011) ou durante a estação chuvosa, devido a maior disponibilidade de água no solo que leva a raiz a um estado de hipoxia, reduzindo sua atividade e conseqüentemente causando um déficit de água no tronco e copa (Borchert

---

<sup>1</sup> Laboratório de Anatomia Vegetal, Departamento de Biologia Animal e Vegetal. Universidade Estadual de Londrina. Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, Londrina, PR, Brasil.

<sup>2</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira, km 111, Colombo, Paraná, Brasil.

1999; Botosso & Tomazello Filho 2001; Callado *et al.* 2001b; Schöngart *et al.* 2002). O ritmo do crescimento em circunferência do tronco também pode ser influenciado pela variação anual do fotoperíodo e por fatores endógenos (Callado *et al.* 2001a) e por diferenças estruturais e composição de diferentes tipos de solos (Cardoso *et al.* 2012). Variações periódicas do crescimento em circunferência do tronco das árvores evidenciam indiretamente a periodicidade da atividade cambial e essa periodicidade é que forma os anéis de crescimento (Wimmer 2001).

A análise dos anéis de crescimento contribui para estudos em Dendrocronologia, gerando informações sobre os indivíduos, como idade e ritmo de crescimento, além de reconstruir condições climáticas passadas e alterações ambientais ocorridas (Tomazello filho *et al.* 2001) e tem-se mostrado um dos melhores métodos para estimar a idade e o crescimento de espécies arbóreas (Worbes & Junk 1999; Rozendaal & Zuidema 2011). Além disso, na tentativa de compreender os padrões de crescimento do tronco de espécies arbóreas, estudos utilizaram-se da análise direta dos anéis de crescimento formados durante a vida da planta, identificando diferentes modelos e taxas de crescimento de espécies (Worbes *et al.* 2003; Brienen & Zuidema 2005, 2006, 2007; Soliz-Gamboa *et al.* 2011).

Porém antes de se iniciar estudos com Dendrocronologia, se faz necessário, primeiramente, verificar se ocorre formação dos anéis de crescimento em decorrência da sazonalidade da atividade cambial, que indiretamente pode ser verificada pelo ritmo de crescimento em circunferência do tronco das árvores, e também verificar se os anéis formados são anuais. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivos detectar a periodicidade do crescimento em circunferência do tronco das árvores e analisar os anéis de crescimento formados, incluindo a caracterização, a confirmação do caráter anual dessas estruturas e uma análise dendrocronológica inicial. As hipóteses são: (i) Existe sazonalidade no crescimento em circunferência do tronco das árvores das espécies estudadas e esta está relacionada às variações climáticas da região de estudo; (ii) Os anéis de crescimento das espécies são anuais e formados devido à sazonalidade das condições climáticas da região em estudo.

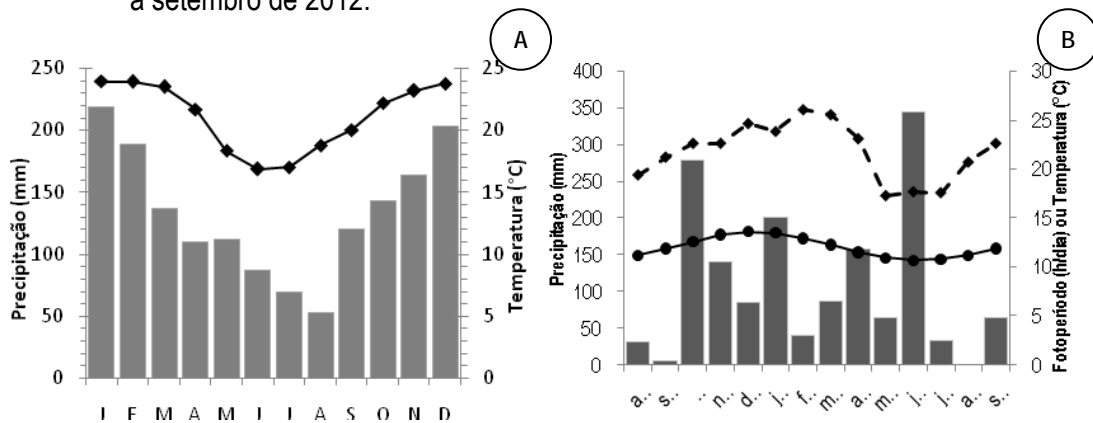
## Material e Métodos

### *Área do estudo*

O estudo foi conduzido no Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG) (23°27' S e 51°15' O, centro do Parque), município de Londrina, norte do Estado do Paraná, Sul do Brasil. Sua altitude varia de 500 a 600 m acima do nível do mar e a vegetação típica é a Floresta Estacional

Semidecidual (Bianchini *et al.* 2003). O clima da região é classificado como tropical úmido mesotérmico, com precipitação total anual de 1.602 mm e temperatura média anual de 21°C. Dezembro, janeiro e fevereiro são os meses com maior volume pluviométrico, em torno de 200 mm; e mais quentes com média térmica de 23,9°C. Os meses mais secos são julho e agosto, quando o total de precipitação, em média, fica abaixo de 70 mm e o mês mais frio é junho com 16,9°C (Fig. 1 A). Observa-se a distinção entre uma estação quente e úmida de outubro a março, e uma estação mais fria e seca, de abril a setembro (Fig. 1 A).

Figura 1 – Dados climáticos para a região de Londrina, Paraná, Brasil. A. Padrão de distribuição anual das médias mensais de precipitação (barras) e temperatura (-♦-) calculadas com base no registro histórico de janeiro de 1976 a dezembro de 2011 fornecido pelo Instituto Agrônomo do Paraná. B. Médias mensais de precipitação (barras), temperatura média (-♦-) e fotoperíodo (-●-) no período de agosto de 2011 a setembro de 2012.



Durante o período de avaliação da atividade cambial (agosto de 2011 a setembro de 2012) a precipitação total foi de 1540 mm. Nesse período, junho e agosto de 2012 foram os meses com maior e menor volumes pluviométricos, respectivamente, com 344,2 mm e 1 mm (Fig. 1 B). A média térmica do período foi de 21,7 °C, fevereiro de 2012 foi o mês mais quente com média de 26 °C e maio de 2012 o mês mais frio com média de 17,3 °C.

### *Espécies selecionadas*

Foram selecionadas 11 espécies florestais arbóreas para avaliação da periodicidade e ritmo do crescimento em circunferência e nove espécies para avaliação dos anéis de crescimento e anatomia da madeira (Tabela 1). Para seleção dessas espécies, foram utilizados quatro critérios: (i) representatividade no tipo vegetacional baseados no índice de valor de importância (IVI) de acordo com levantamento fitossociológico (Soares-Silva & Barroso 1992); (ii) potencial econômico e

madeireiro; (iii) espécies já consideradas em estudos de fenologia e dinâmica de populações no fragmento florestal; (iv) espécies que ocupam diferentes *status* sucessionais.

**Tabela 1 –** Espécies, características ecológicas, número de indivíduos (N), diâmetro a altura do peito médio (DAP) e altura média dos indivíduos analisados em metodologias que avaliam a periodicidade e ritmo de crescimento e os anéis de crescimento de espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. Deciduidade: D= decíduas, P= perenes, SD = semidecíduas. Classificação Ecológica: C= clímax. P= pioneira, SI= secundária inicial, ST= secundária tardia. Desvio padrão entre parênteses.

	Família	Deciduidade*	Classificação ecológica**	Periodicidade de crescimento			Anéis de crescimento		
				N	DAP	Altura	N	DAP	Altura
<i>Alchornea glandulosa</i> Poit.	Euphorbiaceae	SD	SI	17	36,12	11,85	5	24,07	11,77
& Baill.	ae				(±12,40)	(±2,95)		(±22,81)	(±1,23)
<i>Alchornea triplinervia</i>	Euphorbiaceae	SD	SI	10	34,2	10,5	4	57,32	11,33
(Spreng.) Müll. Arg.	ae				(±11,4)	(±2,9)		(±9,28)	(±0,76)
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	Apocynaceae	SD	ST	15	32,22	14,87	9	63,05 (±)	15,47
Müll. Arg.	e				(±11,84)	(±2,78)		14,19)	(±3,24)
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.)	Meliaceae	P	SI	15	27,26 (±7)	12 (±2,61)	7	21,59	13,55
Mart.								(11,23)	(±3,41)
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	D	ST	15	22,36	10,22	7	58,91	10,72
					(±9,44)	(±2,31)		(±15,62)	(±2,34)
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	Sapotaceae	SD ***	ST	15	27,90	10,86	6	50,95	12,49
(Mart. & Eichler ex Miq.)					(±9,17)	(±1,90)		(±10,16)	(±1,45)
Engl.									
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Euphorbiaceae	SD	SI	15	30	12,96	6	36,94	12,52
	ae				(±10,34)	(±3,19)		(±6,80)	(±0,28)
<i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae	SD	P	15	19,17	15,78	-----		
					(±5,96)	(±2,88)	-		
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Rosaceae	P	SI	11	24,70	13,86	6	44,90	9,66
					(±9,49)	(±6,29)		(±13,44)	(±1,77)
<i>Trichillia casaretti</i> C. DC.	Meliaceae	P	C	15	14,35	8,98	-----		
					(±3,32)	(±2,09)	-		
<i>Trichillia clausenii</i> C. DC.	Meliaceae	P	C	15	13,21	9,53	4	16,87	9,6
					(±1,51)	(±1,96)		(±2,67)	(±12,37)

\*Extraído de Perina (2011).

\*\*Classificação adotada por Silva e Soares-Silva (2000).

\*\*\* Bianchini et al. (2006).

*Anéis de crescimento: caracterização e periodicidade de formação*



A identificação e caracterização macroscópica dos anéis de crescimento foram realizadas a partir de amostras radiais do lenho (baguetas) coletadas com o auxílio de um trado de incremento, inserido no tronco das árvores à altura de 1,30 m do solo. As baguetas foram fixadas em suporte de madeira e a superfície transversal dessas amostras polida com papel abrasivo de diferentes granulometrias. Para a descrição macroscópica dessas estruturas foi utilizada a terminologia segundo o *IAWA Committee* (1989).

Para detectar a periodicidade de formação dos anéis de crescimento foram feitas incisões na casca das árvores até atingir a região do câmbio vascular (Mariaux 1967). Foram realizadas três marcações periódicas, e em datas precisas, as quais foram repetidas durante o inverno de 2009, 2010 e 2011. Amostras de madeira do local da cicatriz e áreas adjacentes ao tecido cicatricial foram coletadas em agosto de 2012, um ano após a última marcação. Para tal foi utilizado extrator manual (vazador de couro) para retirada de amostras de até 5 cm de profundidade. As amostras de madeira extraídas foram fixadas em suporte e polidas com papel abrasivo de diferentes granulometrias.

#### *Análise dendrocronológica*

Para a avaliação dendrocronológica os limites dos anéis de crescimento de todas as séries temporais foram identificados e marcados. Posteriormente seguiu-se com a marcação e a medição da largura das amostras radiais. A largura dos anéis foi determinada pelo programa *Image Pro-Plus*, a partir da digitalização das amostras do lenho. Com as larguras, foram obtidas séries cronológicas para cada amostra coletada e, para o início da sincronização dessas séries foi utilizado o *Microsoft Office Excel* onde, por meio de comparação entre as séries, houve a identificação e ajustes de possíveis intervalos problemáticos (erros de marcação) caracterizados por pouca sincronização entre as amostras. Após esse controle inicial, houve a avaliação da qualidade das sincronizações utilizando-se o programa COFECHA, que por meio de correlações (Pearson  $\alpha=1\%$ ) entre as séries individuais e a série máster identificou os eventuais erros de medição, evidenciados por baixas correlações entre as séries. Com o COFECHA também foi gerada uma média representativa de todas as séries individuais, a chamada série "master" (Grissino-Mayer 2001).

#### *Idade, crescimento radial do tronco das árvores e densidade da madeira*

A caracterização etária dos indivíduos selecionados foi realizada pela contagem direta dos anéis de crescimento após a sincronização dos valores de larguras dos anéis das séries cronológicas obtidas. A análise do crescimento radial das árvores foi realizada a partir do incremento

radial médio anual (IRMA) obtido a partir dos resultados de incremento radial total. A densidade específica da madeira, a ser relacionada com o incremento radial, foi determinada pelo método do Máximo Teor de Umidade (ABNT 11941 2003). As madeiras apresentaram baixa densidade quando  $d \leq 0,50 \text{ g/cm}^3$ ; média densidade quando o valor variou de  $0,50 - | 0,72 \text{ g/cm}^3$  e alta densidade quando  $d > 0,72 \text{ g/cm}^3$  (IBAMA 1991). A relação entre densidade da madeira e IRMA foi avaliada por meio de correlação de Pearson ( $\alpha=0,05$ ).

#### *Periodicidade e ritmo de crescimento*

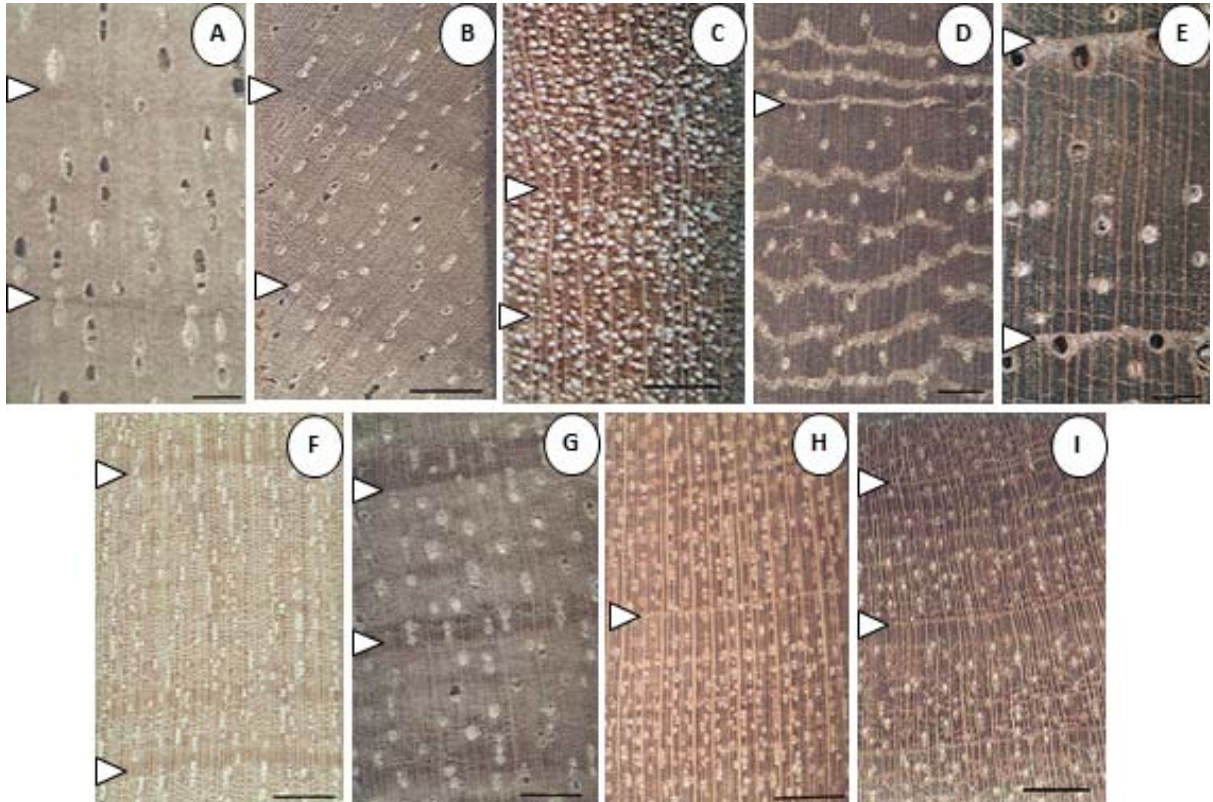
Para detectar a periodicidade de crescimento das árvores foi utilizado o método denominado “dinâmico” (Fahn *et al.* 1981) que consiste na implementação de faixas dendrométricas no tronco das árvores, a aproximadamente 1,30 m do solo, e na avaliação contínua do crescimento em circunferência. O período de análise e determinação do incremento médio mensal foi de agosto de 2011 a setembro de 2012. Foram feitas correlações de Spearman ( $\alpha=0,05$ ) para relacionar o incremento médio mensal em circunferência do tronco das árvores com dados climáticos de precipitação, temperatura e fotoperíodo.

## Resultados

#### *Anéis de crescimento: caracterização e periodicidade de formação*

*Alchornea glandulosa*, *Alchornea triplinervia*, *Aspidosperma polyneuron*, *Chrysophyllum gonocarpum* e *Croton floribundus* apresentaram anéis de crescimento caracterizados por fibras com parede celular mais espessa e com achatamento radial no lenho tardio, opondo-se às fibras com parede mais fina no lenho inicial (Fig. 2 A, B, C, F, G). Em *Aspidosperma polyneuron* e *Chrysophyllum gonocarpum*, associado à variação da espessura e achatamento radial da parede das fibras, ocorreu, ocasionalmente, uma fina faixa de parênquima axial marginal. *Cabralea canjerana* apresentou anéis de crescimento demarcados por fina faixa de parênquima axial marginal e no início do lenho inicial, baixa frequência de parênquima em faixas (Fig. 2 D). *Cedrela fissilis* apresentou anéis de crescimento do tipo semiporoso caracterizados pela presença de elementos de vaso de maior diâmetro no lenho inicial e elementos de vaso de menor diâmetro no lenho tardio associados ao parênquima axial marginal (Fig. 2 E). *Prunus myrtifolia* e *Trichilia clausenii* apresentaram anéis de crescimento demarcados por uma faixa de parênquima axial marginal e baixa frequência de elementos de vaso no início do lenho inicial (Fig. 2 H, I).

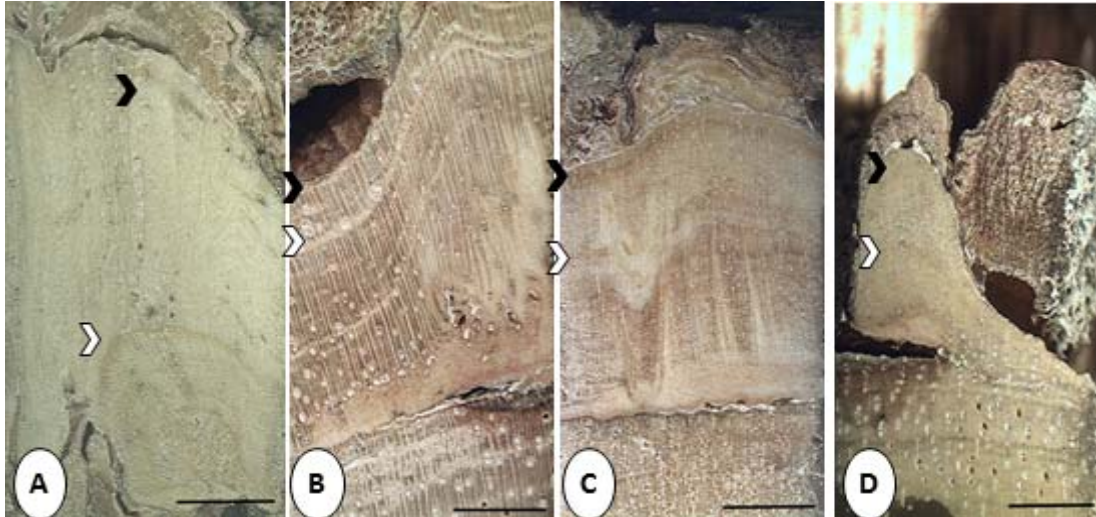
Figura 2 – Fotomacrografias da secção transversal de amostras do lenho de espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. --A: *Alchornea glandulosa*. --B: *Alchornea triplinervia*. --C: *Aspidosperma polyneuron*. --D: *Cabralea canjerana*. --E: *Cedrela fissilis*. --F: *Chrysophyllum gonocarpum*. --G: *Croton floribundus*. --H: *Prunus myrtifolia*. --I: *Trichilia clausenii*. – Cabeça de setas brancas: limites dos anéis de crescimento. -- Barras = 500  $\mu\text{m}$ .



As espécies que apresentaram melhor distinção dos anéis de crescimento foram: *Alchornea glandulosa*, *Alchornea triplinervia*, *Aspidosperma polyneuron*, *Cedrela fissilis*, *Chrysophyllum gonocarpum* e *Croton floribundus*, as quais são classificadas como espécies decíduas ou semidecíduas (Tabela 1). Já as perenifólias *Cabralea canjerana*, *Prunus myrtifolia* e *Trichilia clausenii* apresentaram anéis de crescimento pouco distintos ou até indistintos.

Para todas as espécies, com exceção a *Aspidosperma polyneuron* (não foi possível identificar as cicatrizes no material coletado), foi confirmada a presença de anéis anuais. Isso quer dizer que após a cicatriz de 2009 foram encontrados três anéis formados, após a de 2010 dois, e após a de 2011, um anel. A Fig. 3 ilustra a cicatriz formada após a marcação cambial do ano de 2010 e respectivos anéis formados nos anos de 2010 (cabeça de seta branca) e 2011 (cabeça de seta preta), para algumas espécies selecionadas para o estudo.

Figura 3 – Fotomacrografia do plano transversal de amostras do lenho evidenciando os anéis de crescimento do ano de 2010 (cabeça de seta branca) e 2011 (cabeça de seta preta). --A: *Alchornea triplinervia*. --B: *Cedrela fissilis*. --C: *Chrysophyllum gonocarpum*. --D: *Croton floribundus*. -- Barras = 2mm.



Com a marcação cambial, também foi possível detectar e caracterizar anéis falsos. *Alchornea glandulosa*, *Alchornea triplinervia*, *Chrysophyllum gonocarpum* e *Croton floribundus* apresentaram anéis falsos caracterizados por sutil e irregular espessamento da parede das fibras, evidenciando flutuações da densidade da madeira dentro de um anel verdadeiro. Anéis falsos em *Cedrela fissilis* foram caracterizados pela presença de faixas de parênquima marginal de várias larguras sem interromper a semiporosidade do anel e pela presença de parênquima marginal associado a canais axiais de goma ou resina assemelhando-se a anéis verdadeiros. Em *Prunus myrtifolia* e *Trichilia clausenii* os anéis falsos foram demarcados por parênquima marginal, porém sem alteração na frequência de vasos.

#### *Análise dendrocronológica*

As séries de anéis de crescimento que mostraram baixas correlações e, ao mesmo tempo, não atingiram o nível de correlação crítica de significância (Pearson  $\alpha=1\%$ ) foram excluídas da análise, caracterizando uma diferença no número de séries amostrais entre antes e depois dessa primeira análise (Tabela 2). Com a exclusão das séries de baixas correlações com a série “máster” *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis*, *Chrysophyllum gonocarpum* e *Prunus myrtifolia* apresentaram correlação significativa entre as séries, já que esta atingiu a correlação crítica, indicando um sinal comum que remove o crescimento do tronco.

*Alchornea triplinervia*, *Aspidosperma polyneuron*, *Croton floribundus* e *Trichilia clausenii* não apresentaram correlação significativa entre as séries (Tabela 2), portanto não foram estabelecidas séries “máster” para as mesmas. Assim, foram montadas séries ‘máster’ de 87 anos para *Alchornea glandulosa* (1923 – 2009), 95 anos para *Chrysophyllum gonocarpum* (1914 – 2009), 38 anos para *Cabralea canjerana* (1971 – 2009), 82 anos para *Cedrela fissilis* (1927 – 2009) e 51 anos para *Prunus myrtifolia* (1958 – 2009) (Fig. 4). Para todas as espécies, amostras referentes a árvores mais velhas são observadas em baixa frequência enquanto que indivíduos de menor idade são mais comuns (Fig. 4 – linha pontilhada cinza).

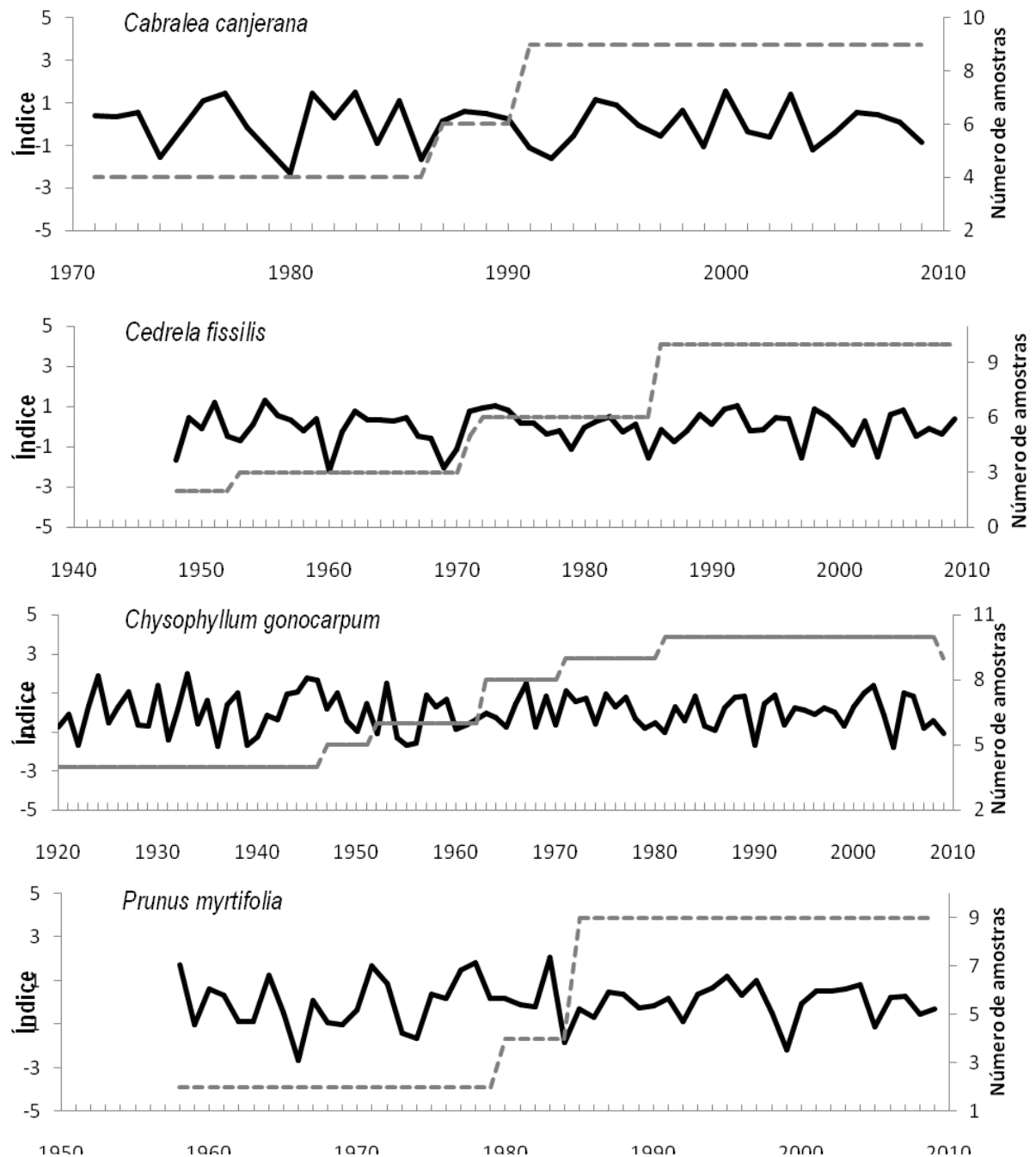
Tabela 2 – Descrição estatística gerada pelo COFECHA da datação cruzada dos anéis de crescimento das árvores das nove espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil.

Espécie	Série co-datada	Nº. de séries temporais (Indivíduos)		Total de anéis em todas as amostras	Total de anéis checados	Intercorrelação das séries	Correlação crítica
		Antes*	Depois*				
<i>Alchornea glandulosa</i>	1923-2009	10 (4)	8 (3)	529	529	0,335	0,366
<i>Alchornea triplinervia</i>	1929-2009	9 (4)	5(4)	287	262	0,186	0,366
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	1914-2009	16 (7)	8 (5)	563	555	0,200	0,366
<i>Cabralea canjerana</i>	1971-2009	11 (5)	9 (3)	259	259	0,39**	0,366
<i>Cedrela fissilis</i>	1927-2009	17 (7)	10 (5)	414	393	0,377**	0,366
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	1914-2009	15 (6)	10 (6)	665	665	0,396**	0,366
<i>Croton floribundus</i>	1942-2009	16 (6)	9 (5)	462	459	0,291	0,366
<i>Prunus myrtifolia</i>	1958-2009	14 (4)	9 (4)	289	289	0,420**	0,366
<i>Trichillia claussenii</i>	1968-2009	10 (5)	5 (3)	204	204	0,312	0,366

\*Da exclusão de séries radiais de baixa correlação.

\*\*Correlações significativas entre as séries em comparação com a correlação crítica.

Figura 4 – Correlação da série máster do programa COFECHA (linha preta) e número séries temporais analisadas (linha pontilhada cinza) de cinco espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil.



#### Determinação da idade, crescimento radial do tronco das árvores e densidade da madeira

O indivíduo mais longevo amostrado foi uma *Aspidosperma polyneuron* com 96 anos e o mais novo foi uma *Cabralea canjerana* com 19 anos. De um modo geral, foram encontrados indivíduos de várias idades, porém em *Cabralea canjerana* e *Croton floribundus* a variação etária foi

menor quando comparadas com as outras espécies, porque todos os indivíduos coletados para essa análise, para essas espécies, apresentaram idades semelhantes (Tabela 3).

Tabela 3 – Estimativas das idades mínima, máxima e média das séries radiais amostradas, incremento radial médio anual (IRMA) e densidade específica da madeira de espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. Erro padrão entre parênteses.

Espécies (n. de indivíduos)	Idade			IRMA (cm)	Densidade da madeira (g.cm <sup>-3</sup> ) 1)	Classificação da densidade da madeira
	Mín.	Máx.	Média			
<i>Alchornea glandulosa</i> (4)	53	87	69,5 (±9,26)	0,34 (± 0,06)	0,42	Baixa
<i>Alchornea triplinervia</i> (4)	39	81	58 (±8,65)	0,35 (± 0,03)	0,44	Baixa
<i>Aspidosperma polyneuron</i> (6)	50	96	72,3 (±7,59)	0,17 (± 0,00)	0,76	Alta
<i>Cabralea canjerana</i> (5)	19	39	30,2 (±3,89)	0,45 (± 0,11)	0,54	Média
<i>Cedrela fissilis</i> (7)	24	83	44,7 (±7,7)	0,29(± 0,05)	0,48	Baixa
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (5)	29	63	47,2 (±6,18)	0,25 (± 0,04)	0,56	Média
<i>Croton floribundus</i> (4)	46	66	54,7 (±4,1)	0,23 (± 0,01)	0,49	Baixa
<i>Prunus myrtifolia</i> (4)	25	52	33 (±6,44)	0,32 (± 0,02)	0,74	Alta
<i>Trichilia clausenii</i> (4)	22	46	37,7 (±5,35)	0,17 (± 0,01)	0,71	Média

As espécies apresentaram correlação negativa ( $r_s = -0,560$ ,  $p = 0,115$ ) entre IRMA e densidade da madeira. *Cabralea canjerana*, *Alchornea triplinervia* e *Alchornea glandulosa*



apresentaram os maiores valores IRMA e baixa a moderada densidade da madeira e *Aspidosperma polyneuron* apresentou menor valores de IRMA e alta densidade da madeira. *Prunus myrtifolia* não obteve essa relação inversa, apresentou alta taxa de incremento anual e alta densidade da madeira (Tabela 3).

#### *Periodicidade e ritmo de crescimento*

Durante os 14 meses de estudo *Prunus myrtifolia*, *Croton floribundus* e *Alchornea* spp. apresentaram os maiores incrementos em circunferência do tronco e *Trichilia* spp. apresentaram os menores (Tabela 4).

Tabela 4 – Incremento médio em circunferência e incremento acumulado em circunferência durante agosto de 2011 a setembro de 2012 em 11 espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. Erro padrão entre parênteses.

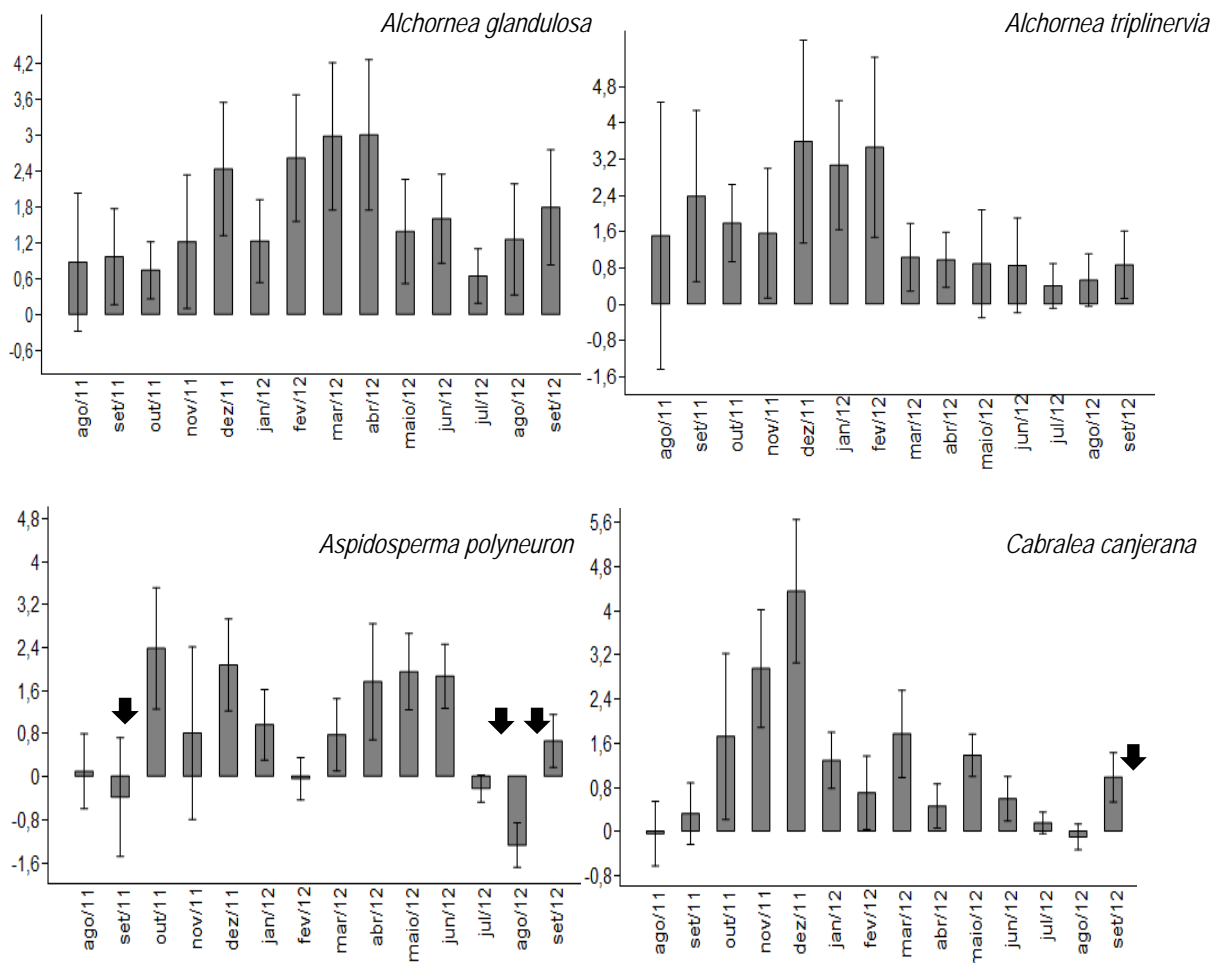
Espécies	Incremento médio em circunferência (mm)	Incremento acumulado em circunferência (mm)
<i>Alchornea glandulosa</i>	1,64 (± 0,13)	22,9 (± 4,89)
<i>Alchornea triplinervia</i>	1,69 (± 0,21)	23,6 (± 3,38)
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	0,92 (± 0,15)	12,9 (± 2,43)
<i>Cabralea canjerana</i>	1,24 (± 0,14)	17,4 (± 2,31)
<i>Cedrela fissilis</i>	1,12 (± 0,2)	15,6 (± 3,46)
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	0,91 (± 0,14)	13,0 (± 3,24)
<i>Croton floribundus</i>	1,97 (± 0,17)	27,6 (± 5)
<i>Inga edulis</i>	0,98 (± 0,13)	13,7 (± 3,3)
<i>Prunus myrtifolia</i>	2,18 (± 0,17)	30,5 (± 3,73)
<i>Trichilia casaretti</i>	0,45 (± 0,06)	6,3 (± 1,08)
<i>Trichilia clausenii</i>	0,20 (± 0,05)	2,8 (± 0,67)

A taxa de incremento mensal em circunferência nos meses de agosto de 2011 a setembro de 2012 mostrou que as espécies apresentaram um padrão sazonal de crescimento em circunferência do tronco, sendo os maiores valores observados a partir de outubro de 2011 e as menores taxas de incremento foram registradas para os meses de julho e agosto de 2012. Houve uma

redução da taxa de incremento em circunferência nos meses de janeiro e fevereiro de 2012, com exceção de *Alchornea triplinervia*, que manteve alta taxa de incremento, reduzindo o crescimento somente a partir de março de 2012 (Fig. 5).

*Aspidosperma polyneuron*, *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis*, *Chrysophyllum gonocarpum*, *Prunus myrtifolia*, *Trichilia* sp, registraram incremento em circunferência negativo pra alguns meses, especialmente setembro de 2011 e agosto de 2012 (Figura 5 – seta preta).

Figura 5 – Incremento médio mensal em circunferência (mm) do tronco nos meses de agosto de 2011 a junho de 2012 de espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. Barra superior é o erro padrão.



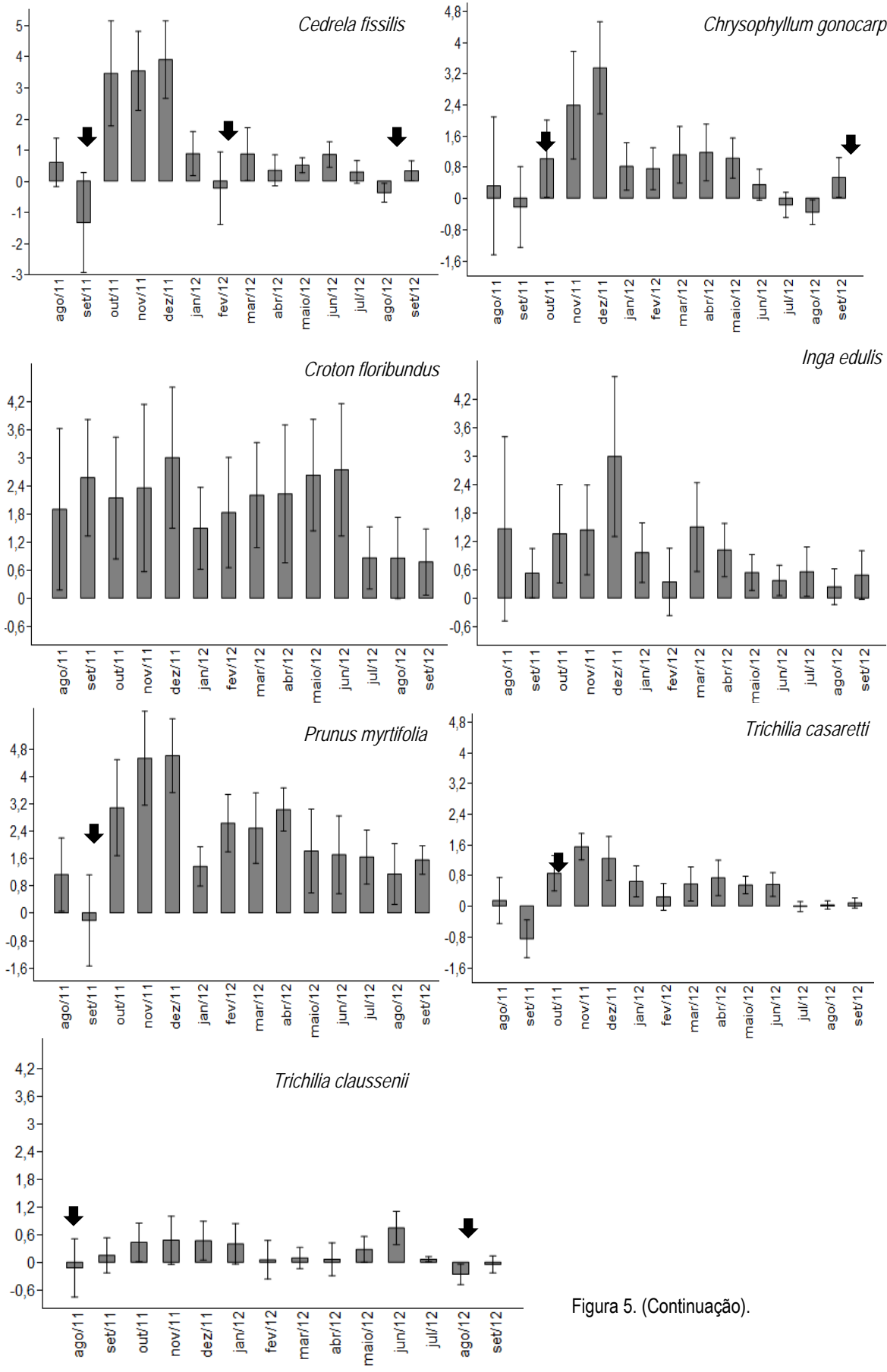


Figura 5. (Continuação).

Nas espécies *Alchornea triplinervia* e *Cabralea canjerana* as taxas de incremento mensais foram correlacionadas ( $p \leq 0,05$ ) com a temperatura e o fotoperíodo; em *Cedrela fissilis* e *Trichilia casaretti* as taxas de incremento foram correlacionadas significativamente ( $p \leq 0,05$ ) com a precipitação e o fotoperíodo; e em *Aspidosperma polyneuron*, *Prunus myrtifolia* e *Trichilia clausenii* as taxas de incremento foram correlacionadas significativamente ( $p \leq 0,05$ ) somente com a precipitação. *Alchornea glandulosa*, *Chrysophyllum gonocarpum*, *Croton floribundus* e *Inga edulis* não apresentaram correlação entre taxa de incremento mensal e qualquer fator climático (Tabela 5).

Tabela 5 – Correlações de Spearman ( $r_s$ ) entre taxas de incremento mensal em circunferência do tronco e variáveis climáticas para 11 espécies arbóreas da floresta estacional semidecidual do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Brasil. Asteriscos indicam correlações significativas ( $p \leq 0,05$ ). Foto = fotoperíodo médio mensal; P= precipitação total do mês corrente; T = temperatura média mensal.

	P		T		Foto	
	$r_s$	$\rho$	$r_s$	$\rho$	$r_s$	$\rho$
<i>Alchornea glandulosa</i>	0,27	0,44	0,52	0,06	0,20	0,52
<i>Alchornea triplinervia</i>	0,11	0,71	0,70*	0,004	0,82*	< 0,0001
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	0,66*	0,01	0,05	0,86	0,16	0,58
<i>Cabralea canjerana</i>	0,48	0,08	0,56*	0,04	0,64*	0,01
<i>Cedrela fissilis</i>	0,60*	0,02	0,31	0,27	0,56*	0,03
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	0,36	0,21	0,38	0,18	0,46	0,09
<i>Croton floribundus</i>	0,33	0,25	-0,05	0,86	0,05	0,85
<i>Inga edulis</i>	0,29	0,30	0,27	0,34	0,43	0,12
<i>Prunus myrtifolia</i>	0,56*	0,04	0,44	0,12	0,46	0,09
<i>Trichilia casaretti</i>	0,77*	0,001	0,45	0,10	0,58*	0,03
<i>Trichilia clausenii</i>	0,71*	0,004	0,06	0,84	0,28	0,32

## Discussão

### *Anéis de crescimento: caracterização e periodicidade de formação*

O maior número de espécies que apresentaram camadas de crescimento distintas demarcadas pela presença de fibras com parede mais espessa e achatamento radial no lenho tardio

opondo-se às fibras de parede mais fina no lenho inicial corrobora com a marcação anatômica mais frequentemente observada em estudos que caracterizaram anéis de crescimento realizados no Brasil (Callado *et al.* 2001b; Marcati *et al.* 2006). *Cedrela fissilis* apresentou anéis semiporosos associados ao parênquima axial marginal e esse padrão estrutural é descrito principalmente para espécies do gênero *Cedrela* (Boninsegna *et al.* 1989; Botosso *et al.* 2000; Botosso & Tomazello Filho 2001; Marcati *et al.* 2006; Iwaski-Marochi 2007; Lobão 2011).

Vários estudos caracterizaram anéis de crescimento em espécies tropicais e os resultados mostrados corroboram Callado *et al.* (2001b) e Alves e Angyalossy – Alfonso (2000) para *Alchornea triplinervia*; Lisi *et al.* (2008), Ferreira (2002), Maria (2002) para *Aspidosperma polyneuron*; Andreacci (2012), Boninsegna *et al.* (1989), Ferreira (2002), Maria (2002), Marcati *et al.* (2006), Lobão (2011) para *Cedrela fissilis*; Alves e Angyalossy-Alfonso (2000) para *Croton floribundus* e Ferreira (2002) para *Trichillia clausenii*. Porém ocorreram algumas divergências entre as descrições encontradas em trabalhos anteriores e o atual estudo. Para *Cabralea canjerana* e *Croton* sp., na Floresta Ombrófila Densa, foram caracterizados anéis de crescimento indistintos (Tomazello Filho *et al.* 2004). Dessa forma, deve-se levar em consideração as fisionomias onde esses estudos foram realizados, uma vez que as condições ambientais variam em cada local, o que pode promover, ou não, a formação dos anéis de crescimento.

A variação entre o grau de distinção dos anéis de crescimento das espécies, com uma tendência das decíduas ou semidecíduas apresentarem anéis de crescimento mais distintos e as perenifólias anéis de crescimento menos evidentes, também foi descritas por Tomazello Filho *et al.* (2004) e Rosa (2008). Espécies decíduas ou semidecíduas perdem folhas durante um período desfavorável, geralmente o inverno (período seco e com baixas temperaturas), reduzindo ou até cessando o metabolismo, o que torna os anéis de crescimento mais evidentes (Worbes 1999). O mesmo autor ressalta que o padrão fenológico não é o único responsável pela formação dos anéis de crescimento e que condições ambientais e as próprias características genéticas das espécies também devem ser levadas em consideração, como confirmado por Callado *et al.* (2001a) e Marcati *et al.* (2006) que concluíram que a marcação dos anéis de crescimento está relacionado a uma estação seca anual distinta. No atual estudo, o fato das espécies perderem folhas durante um período do ano torna os anéis de crescimento mais evidentes, porém informações acerca das condições ambientais e genéticas não devem ser descartadas.

Com o método de marcação cambial foi possível confirmar o caráter anual dos anéis de crescimento para oito espécies e Santos Junior (2006) e Lisi *et al.* (2008), também confirmaram esse caráter para espécies de florestas estacionais semidecíduais, inclusive

*Aspidosperma polyneuron*, que aqui não foi analisada. Lobão (2011) também descreveu anéis anuais para espécies da Floresta Amazônica, incluindo *Cedrela fissilis*.

#### *Análise dendrocronológica*

Correlações significativas em *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis*, *Chrysophyllum gonocarpum* e *Prunus myrtifolia*, indicaram o potencial dessas espécies para futuros estudos dendrocronológicos. Correlações mais elevadas indicam um padrão de crescimento comum, provavelmente influenciado por um fator ambiental (Alvorado 2009; Lobão 2001).

*Cedrela fissilis* é considerada uma espécie promissora para a dendrocronologia (Boninsegna *et al.* 1989; Iwasaki-Marochi 2007; Andreacci 2012). Três estudos dendroecológicos para essa espécie, realizados em regiões distintas do Brasil, encontraram correlações significativas entre as séries dos anéis de crescimento, indicando que um sinal climático promove um ciclo sazonal de crescimento em diâmetro do tronco: Rauber (2010) em ecótono de Florestas Subtropicais Montanas, Lobão (2011) na Floresta Amazônica e Andreacci (2012) na Floresta Ombrófila Mista Montana (Floresta de Araucária). Pelas análises dendroclimatológicas, maiores correlações do crescimento das espécies na Amazônia foram com períodos de maior evapotranspiração (Lobão 2011) e em florestas subtropicais com a precipitação (Rauber 2010).

Dentre aquelas que não apresentaram correlação significativa entre as séries, *Trichillia clausenii* apresentou anéis de crescimento pouco nítidos, o que pode ter contribuído com erros de marcação mais frequentes e *Alchornea triplinervia* apresentou grande quantidade de anéis faltantes, observados pela diferença considerável entre o total de anéis em todas as amostras e o total de anéis considerados; gerando baixa sincronização e conseqüentemente baixa correlação entre as séries cronológicas. Além disso, a análise dos anéis de crescimento em amostras que representam uma pequena área de observação do tronco (baguetas) facilita a marcação errônea de anéis de crescimento, principalmente de anéis incompletos, o que pode ter contribuído para a baixa correlação entre as séries para *Alchornea triplinervia*, *Aspidosperma polyneuron*, *Croton floribundus* e *Trichillia clausenii*. Porém não se descarta essas espécies em estudos dendrocronológicos: todas formam anéis de crescimento e esses anéis são anuais e a inclusão de metodologias complementares, como a avaliação por densitometria de raios X, que é baseada na análise da densidade da madeira, pode melhorar a correlação entre as séries cronológicas. *Cedrela fissilis* não atingiu correlação significativa quando analisada na região da Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana e a baixa correlação das séries cronológicas foi atribuída à competição interespecífica por luz e dificuldade da correta identificação dos anéis falsos ou faltantes devido à pequena área de observação das 'baguetas'. (Andreacci 2012). O

autor chama a atenção que a inclusão de discos completos de madeira e uma seleção mais rigorosa dos indivíduos a serem estudados, incluindo homogeneidade de copas e de microclimas onde estão inseridos, poderiam melhorar a qualidade da cronologia.

Quando avaliada a série máster, a continuidade nos estudos dendrocronológicos e dendroclimatológicos permitirão análises da influência das condições climáticas no crescimento do tronco de espécies arbóreas. A observação de indivíduos longevos menos frequentes e indivíduos jovens mais frequentes, utilizando anéis de crescimento para estimativa da idade já foi constatado por Grau (2000), Chagas (2009) e Lobão (2011). Para a Ecologia de Populações, quando indivíduos jovens são mais frequentes, evidencia-se uma população com potencial de regeneração constante ou ainda uma população estável (Silva Matos *et al.* 1999) podendo ser interpretado como evidência de um padrão de recrutamento contínuos e de persistência provável da população (Veblen 1992).

#### *Determinação da idade, crescimento radial do tronco das árvores e densidade da madeira*

Em levantamento etário de espécies arbóreas em Florestas Estacionais Semidecíduais no Brasil, Santos Junior (2006) encontrou árvores com idades entre 69 a 114 anos e Urquiza (2008) encontrou árvores entre 23 a 107 anos. Embora resultados semelhantes sejam encontrados para indivíduos arbóreos dessas florestas, existe uma grande variação etária encontrada para espécies tropicais; registrando idades inferiores a 200 anos (Boninsegna *et al.* 1989; Worbes 1989) ou superiores (Brienen & Zuidema 2006; Fichtler *et al.* 2003; Worbes *et al.* 2003). A determinação da idade, utilizando-se anéis de crescimento, em espécies arbóreas de florestas tropicais é um assunto bastante discutido, uma vez que pode ocorrer interferência devido à formação de anéis falsos, quando forma-se mais de uma camada de crescimento por período, e também de anéis descontínuos, aqueles que não se completam em toda a circunferência do tronco (Rozendaal e Zuidema 2011). De qualquer forma, a estimativa da idade das árvores e a avaliação dos ritmos de crescimento são fundamentais para as Ciências Florestais, pois auxiliam na determinação dos ciclos de corte, regimes de desbastes e na estimativa dos cortes e dos volumes admissíveis para uma exploração sustentável (Brienen & Zuidema 2005, 2007; Rosa 2008; Fonseca Junior *et al.* 2009); e para a Ecologia, pois podem contribuir para estudos de dinâmicas de populações, desenvolvimento e produtividade de ecossistemas (Brienen & Zuidema 2006; Fonseca Junior *et al.* 2009).

A relação inversa entre incremento radial (IRMA) e densidade da madeira indica diferentes formas de investimento de recursos pelas plantas: algumas espécies investem em crescimento, mantendo altos valores de incremento radial, e em pouca alocação de recursos, refletindo em baixa densidade da madeira; enquanto que outras investem na alocação de recursos, mantendo

baixas taxas de crescimento. Segundo Baker *et al.* (2003), esses são fatores que explicam parte da variação funcional que ocorre nas plantas e que impulsionam a dinâmica da sucessão, já que esse crescimento diferenciado é um dos fatores mais importante na distinção de grupos ecológicos. Dentre várias características, espécies pioneiras geralmente apresentam baixa densidade da madeira e altas taxas de crescimento, enquanto que espécies da floresta madura (clímax) são caracterizadas por alta densidade da madeira, geralmente associadas a baixas taxas de incremento (Swaine & Whitmore 1988; Worbes 1989; Baker *et al.* 2003; Worbes *et al.* 2003). Isso é corroborado pelos resultados encontrados, uma vez que as espécies presentes no início da sucessão, *Alchornea glandulosa*, *Alchornea triplinervia* e *Cabralea canjerana*, apresentaram altas taxas de incremento e baixa a moderada densidade da madeira, em oposição à climácica *Aspidosperma polyneuron*, que apresentou baixa taxa de incremento radial e alta densidade da madeira.

Embora a densidade da madeira esteja relacionada com o *status* sucessional, quando os menores valores são apresentados pelas pioneiras (crescimento rápido) e os maiores valores às climácicas (crescimento lento), é uma propriedade controlada geneticamente (Zobel & Van Buijnen 1989, Mosedale *et al.* 1996), resultado da composição química, do volume da matéria lenhosa (Foelkel *et al.* 1971) e relacionada à quantidade de celulose da madeira (Angyalossy *et al.* 2005). *Prunus myrtifolia* apresenta fibras com parede muito espessa (5,2 mm), vasos de pequeno diâmetro (64,2 µm) e depósito nos vasos de substâncias com coloração marrom (ver Capítulo 2) que contribuem para menor espaço livre e maior quantidade de celulose na madeira, conferindo maior densidade para a espécie.

#### *Periodicidade e ritmo de crescimento*

Os maiores incrementos em circunferência do tronco das árvores foram das espécies presentes no início da sucessão, enquanto que as espécies mais tardias apresentaram os menores incrementos, corroborando Lisi *et al.* (2008), para espécies da Floresta Estacional Semidecidual no Estado de São Paulo.

O padrão sazonal de crescimento em circunferência do tronco das árvores, com maiores taxas observadas a partir da estação chuvosa e as menores taxas no período mais seco e a confirmação por correlações significativas entre taxa de crescimento e a precipitação, para algumas espécies, indicam a influência desse fator climático no crescimento em circunferência do tronco das árvores na Floresta Estacional Semidecidual. Worbes (1999) afirmou que a variação da atividade cambial de espécies arbóreas em florestas que apresentam curto período de estiagem está intimamente relacionada a fatores associados à sazonalidade da precipitação pluviométrica. De acordo



com o autor, com o decréscimo da precipitação durante a estação com menor disponibilidade de água, o potencial de água no solo também cai, influenciando o ritmo da atividade cambial, abscisão das folhas e o crescimento das plantas.

A influência da precipitação na atividade cambial explica a redução do incremento médio em circunferência, nos meses de janeiro e fevereiro de 2012. A redução da média pluviométrica, a partir de dezembro de 2011, refletiu em menores taxas de incremento para o período. Embora a precipitação em janeiro esteja dentro do esperado (201,6 mm), parece não ter sido suficiente para reestabelecer o crescimento, uma vez que em fevereiro houve novamente a redução da precipitação (40,3 mm). Esses resultados corroboram Lisi *et al.* (2008) que afirmam que a disponibilidade de água é o fator primário que determina a taxa de crescimento em espécies da Floresta Estacional Semidecidual.

As correlações significativas entre a taxa de incremento em circunferência do tronco e as variáveis climáticas indicam também a influência do fotoperíodo e da temperatura média na dinâmica de crescimento em circunferência. De acordo com um estudo fenológico de uma comunidade do PEMG, onde todas as espécies desse estudo estão inseridas, o fotoperíodo determinou padrões fenológicos dessas espécies: o início do período do ano em que o comprimento do dia é maior (novembro a janeiro) coincide com o período final do brotamento de novas folhas (agosto a novembro) (Perina 2011). Assim, a partir de outubro, a copa recém formada (produzindo maior quantidade de fotoassimilados), associada ao período de mais luz incidente, maior média térmica e a maior precipitação reativam o metabolismo das árvores, e conseqüentemente as divisões do câmbio vascular, promovendo o aumento do crescimento em circunferência dessas espécies.

A ausência de correlação entre taxas de incremento mensais com qualquer fator climático em *Alchornea glandulosa*, *Chrysophyllum gonocarpum*, *Croton floribundus* e *Inga edulis* sugerem que essas espécies possam ser menos sensíveis às alterações climáticas, como indicado por Shimamoto (2012), que também não encontrou correlação significativa entre incremento mensal em circunferência e o clima para algumas espécies, incluindo *Inga edulis*.

Valores negativos de taxas de crescimento são comuns na literatura (Maria 2002; Ferreira 2002; Ferreira-Fedele *et al.* 2004; Lisi *et al.* 2008) e estão associados à perda de turgescência pela casca (Détienne 1989). A variação da umidade relativa do ar leva a oscilação do comprimento em circunferência da casca, já que esse é o tecido que está em contato direto com o ambiente (Stahl *et al.* 2010). Setembro de 2011 e agosto de 2012, foram os meses com os menores volumes de precipitação durante o estudo (7 mm e 1 mm, respectivamente), justificando valores negativos de incremento em circunferência para *Aspidosperma polyneuron*, *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis*, *Chrysophyllum gonocarpum*, *Prunus myrtifolia* e *Trichilia clausenii*.

Para as espécies estudadas, pela análise dos anéis de crescimento, foi possível detectar o caráter anual, bem como verificar as diferenças nos padrões estruturais e dados como esses são fundamentais para estudos dendrocronológicos. Em relação ao crescimento do tronco, avaliado ao longo da vida dos indivíduos, o incremento está relacionado ao status de ocupação na sucessão ecológica, indicando estratégias de alocação de recursos. A avaliação contínua do crescimento em circunferência das árvores indica que fatores ambientais como precipitação e o fotoperíodo estão diretamente envolvidos. Portanto, espécies da Floresta Estacional Semidecidual do Estado do Paraná, no Sul do Brasil, experimentam ciclos sazonais de incremento em circunferência do tronco controlados pelo clima e esses incrementos anuais de crescimento podem ser identificados pelos anéis de crescimento formados.

## Referências

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2003. Madeira - Determinação da densidade básica. Comissão de estudo de madeira para fabricação de pasta celulósica, NBR 11941.
- Alves, E.S. & V. Angyalossy-Alfonso. 2000. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species: growth rings and vessels. *IAWA J.* 21: 3 -- 30.
- Alvorado, J.R. 2009. Dendrocronologia de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocorrentes na floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Peru. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- Andreacci, F. 2012. 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. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Angyalossy, V., E. Amano & E.S. Alves. 2005. Madeiras utilizadas na fabricação de arcos para instrumentos de corda: aspectos anatômicos. *Acta Bot Bras.* 19: 819 -- 834.
- Baker, T.R., M.D. Swaine & D.F.R.P. Burslem. 2003. Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. *Perspect Plant Ecol.* 6: 21 -- 36.
- Bianchini, E., J.A. Pimenta & F.A.M. Santos. 2006. Fenologia de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Fichler) Engl. (Sapotaceae) em floresta semidecídua do Sul do Brasil. *Rev Brasil. Bot.* 29: 595 -- 602.
- Bianchini, E., R.S. Popolo, M.C. Dias & J.A. Pimenta. 2003. Diversidade e estrutura de espécies arbóreas em área alagável do município de Londrina, sul do Brasil. *Acta Bot Bras.* 17: 405 -- 419.
- Boninsegna, J.A., R. Villalba, L. Amarilla, & J. Ocampo. 1989. Studies on tree rings, growth rates and age-size relationships of tropical tree species in Misiones, Argentina. *IAWA Bull.* 10: 161 -- 169.
- Borchert, R. 1999. Climatic periodicity, phenology and cambium activity in tropical dry forest trees. *IAWA J.* 20: 239 -- 247.

- Botosso, P.C. & M. Tomazello Filho. 2001. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. In: N.B. Maia, H.L. Martos & W. Barella (eds.), Indicadores ambientais: conceitos e aplicações: 145 -- 172. EDUC, São Paulo.
- Botosso, P.C., R.E. Vetter & M. Tomazello Filho. 2000. Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata* L., Meliaceae), jacareúba (*Calophyllum angulare* A. C., Clusiaceae) e muirapiranga (*Eperua bijuga* Mart. ex Benth., Leg. Caesalpinoideae). In: F.A. Roig (ed.), Dendrocronologia en América Latina: 357 -- 379. EDIUNC, Mendoza.
- Brienen, R.J.W. & P.A. Zuidema. 2005. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. *Oecol.* 146: 1 -- 12.
- Brienen, R.J.W. & P.A. Zuidema. 2006. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain Forest trees obtained by tree ring analysis. *J Ecol.* 94: 481 -- 493.
- Brienen, R.J.W. & P.A. Zuidema. 2007. Incorporating persistent tree growth differences increases estimates of tropical timber yield. *Front Ecol Environ.* 5: 302 -- 306.
- Callado, C.H., S.J. Silva Neto, F.R. Scarano, C.F. Barros & C.G. Costa. 2001a. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. *Trees-Struct Funct.* 8: 492 -- 497
- Callado, C.H., S.J. Silva Neto, F.R. Scarano, C.F. Barros & C.G. Costa. 2001b. Anatomical features of growth rings in flood-prone trees of the Atlantic rain forest in Rio de Janeiro, Brazil. *IAWA J.* 22: 29 -- 42.
- Cardoso, F.C.G., R. Marques, P.C. Botosso & M.C.M. Marques. 2012. Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. *Plant Soil.* 354: 269 -- 281.
- Chagas, M.P. 2009. Caracterização dos anéis de crescimento e dendrocronologia de árvores de *grevillea robusta* A. Cunn, *Hovenia dulcis* Thunb., *Persia americana* Mill., *Tabebuia pentaphylla* Hemsl., *Terminalia catappa* L. nos municípios de Piracicaba e Paulínia, SP. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- Détiene, P. 1989. Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods. *IAWA Bull.* 10: 123 -- 132.
- Fahn, A., J. Burley, K.A. Longman & A. Mariaux. 1981. Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees. In: F.H Bormann; B. Berlyn (eds.), Age and growth rate of tropical trees: new directions for research: 83 -- 100. Yale University: New Haven.
- Ferreira, L. 2002. Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de florestas estacionais semidecíduas da região sudeste do Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- Ferreira-Fedele, L., M. Tomazello Filho, P.C. Botosso & E. Giannotti. 2004. Periodicidade de crescimento de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (guarantã) em duas áreas da região Sudeste do Estado de São Paulo. *Sci For.* [s.v] 141 -- 149.
- Fichtler, E., D.A. Clark & M. Worbes. 2003. Age and long-term growth of trees in an old-growth tropical rain forest, based on analyses of tree rings an <sup>14</sup>C<sup>1</sup>. *Biotropica.* 35: 306 -- 317.

Foelkel, C.E.B., M.A.M Brasil & L.E.G. Barrichelo. 1971. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. IPEF. 2: 65 -- 74.

Fonseca Junior, S.F, M.T.F Piedade & J. Schöngart. 2009. Wood growth of *Tabebuia barbata* (E. Mey.) Sandwith (Bignoniaceae) and *Vatairea guianensis* Aubl.(Fabaceae) in Central Amazonian black-water (igapó) and white-water (várzea) flood plain forests. *Trees*. 23: 127 – 134.

Grau, H.R. 2000. Regeneration patterns of *Cedrela lilloi* (Meliaceae) in northwestern Argentina subtropical montane forests. *J Trop Ecol*. 16: 227 -- 242.

Grissino-Mayer, H.D. 2001. Evaluating cross dating accuracy: manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree Ring Research*. 57: 205 -- 221.

IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull*. 10: 219 -- 332.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. 1991. Normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I Angiospermae. II Gimnospermae. LPF – Série técnica n. 15. Brasília: Diretoria de incentivo à pesquisa e divulgação/Laboratório de Produtos Florestais.

Iwasaki-Marochi, C. 2007. Anéis anuais de crescimento do cedro (*Cedrela fissilis* - Meliaceae) aplicados à avaliação da taxa de crescimento e dendroclimatologia. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

Krepkowski, J., A. Bräuning, A. Gebrekirstos & S. Strobl. 2011. Cambial growth dynamics and climatic control of different tree life forms in tropical mountain forest in Ethiopia. *Trees-Struct Funct*. 25: 59 -- 70.

Lisi, C., M. Tomazello Filho, P.C. Botosso, F.A. Roig, V.R.B. Maria, L. Ferreira-Fedele & A.R.A. Voigt. 2008. Tree-ring formation, radial increment periodicity and phenology of tree species from a Seasonal Semi-deciduous Forest in Southeast Brazil. *IAWA J*. 29: 189 -- 207.

Lobão, M.S. 2011. 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. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

Marcati, C.R., J.S Oliveira & S.R. Machado. 2006. Growth rings in Cerrado woody species: occurrence and anatomical markers. *Biota Neotropica*. 6: 1 -- 31.

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

Mariaux, A. 1967. Les cernes dans les bois tropicaux africains nature et périodicité. *Bois et Forêts des Tropiques*. 114: 23 -- 27.

Mosedale, J.R., B. Charrier & G. Janin. 1996. Genetic control of wood colour, density and heartwood ellagitannin concentration in European oak (*Quercus petraea* and *Q. robur*). *Forestry*, 69: 111 -- 124.

Perina, B.B. 2011. Fenologia de espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecidual do sul do Brasil. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

- Rauber, C.R. 2010. Dendroecologia de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) em um ecótono de Florestas Subtropicais Montanas no Brasil. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Rosa, S.A. 2008. Modelos de crescimento de quatro espécies madeireiras de Floresta de Várzea da Amazônia Central por meio de métodos dendrocronológicos. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/ Botânica). Instituto de Pesquisa da Amazônia, Manaus.
- Rozendaal, D.M.A. & P.A. Zuidema. 2011. Dendroecology in the tropics: a review. *Trees-Struct Funct.* 25: 3 -- 16.
- Santos Junior, A. 2006. Aspectos populacionais de *Sterculia apelata* (Jacq.) Karst (Sterculiaceae) como subsídios ao plano de conservação da arara-azul no sul do Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. Dissertação (Mestrado em Ecologia) Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Corumbá.
- Schöngart, J., M.T. Piedade, S. Ludwigshausen, V. Horna & M. Worbes. 2002. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian flood plain forests. *J Trop Ecol.* 18: 581 -- 597.
- Shimamoto, C.Y. 2012. Estimativa do crescimento e acúmulo de biomassa em espécies arbóreas como subsídio a projetos de restauração da Mata Atlântica. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Silva, F.C. & L.H. Soares-Silva. 2000. Arboreal flora of the Godoy Forest State Park, Londrina, PR, Brazil. *Edinburgh J Bot.* 57: 107 -- 120.
- Silva Matos, D. M., R.P. Freckleton & A.R. Watkinson. 1999. The role of density dependence in the population dynamics of a tropical palm. *Ecology.* 80: 2635 -- 2650.
- Soares-Silva, L.H. & G.M. Barroso. 1992. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta na porção norte do Parque Estadual Mata do Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. *Anais 8º Congresso da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.* [s.v.] 101--112.
- Soliz-Gamboa, C.C., M.A.D. Rozendaal, G. Ceccantini, V. Angyalossy, K. Borg & P.A. Zuidema. 2011. Evaluating the annual nature of juvenile rings in Bolivian tropical rain forest trees. *Trees.* 25: 17 -- 27.
- Stahl, C., B. Burban, F. Bompy, Z.B. Jolin, J. Sermge & D. Bonal. 2010. Seasonal variation in atmospheric relative humidity contributes to explaining seasonal variation in trunk circumference of tropical rain-forest trees in Fench Guiana. *J Trop Ecol.* 26: 393 -- 405.
- Swaine, M.D. & T.C. Whitmore. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio.* 75: 81 -- 86.
- Tomazello Filho, M., P.C. Botosso & C.S. Lisi. 2001. Análise e aplicação dos anéis de crescimento em árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: N.B. Maia., H. L. Martos & W. Barreia (eds.), *Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações:* 117 -- 143. EDUC, São Paulo.
- Tomazello Filho, M., C.S. Lisi, N. Hansen & G. Cury. 2004. Anatomical features of increment zones in different trees in State of São Paulo, Brazil. *Sci For.* 66: 46 -- 55.

- Urquiza, M.V. 2008. Crescimento e idade de cinco espécies arbóreas do morro Santa Cruz, Corumbá – MS. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Veblen, T.T. 1992. Regeneration dynamics. In: D.C. Glenn - Lewin, R.K. Peet & T.T. Veblen (eds), In: Plant succession: theory and prediction: 152 – 187. Chapman & Hall, London.
- Wimmer, R. 2001. Arthur Freiherr von Seckendorff-Gudent and the early history of tree-ring crossdating. *Dendrochronol.* 19: 153 -- 158.
- Worbes, M. 1989. Growth rings, increment and age of trees in inundation forests, savannas and a mountain forest in the Neotropics. *IAWA Bull.* n.s. 10: 109 --122.
- Worbes, M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees - A review. *IAWA J.* 16: 337 -- 351.
- Worbes, M. 1999. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *J Ecol.* 87: 391 -- 403.
- Worbes, M. & W. Junk. 1999. How old are tropical trees? The persistence of a myth. *IAWA J.* 20: 255 -- 260.
- Worbes, M., R. Staschel, A. Roloff & W. Junk. 2003. Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. *Forest Ecol Manag.* 173: 105 -- 123.
- Zobel, B.J. & J.P. van Buijtenen. 1989. *Wood Variation: Its Causes and Control.* Springer-Verlag, Berlin.

**ANATOMIA DA MADEIRA DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA ESTACIONAL  
SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL \***

---

\* Artigo estruturado segundo as normas do periódico indexado IAWA Journal (ISSN 0928-1541). Instruções de preparação do manuscrito: Anexo A.

## 5 CAPÍTULO 2

### Anatomia da Madeira de Espécies Arbóreas da Floresta Estacional Semidecidual do Sul do Brasil

Marcela B. F. Nascimento<sup>3</sup>, Paulo C. Botosso<sup>4</sup> e Moacyr E. Medri<sup>3</sup>

**Resumo:** Como a anatomia da madeira pode ser uma eficiente ferramenta de caracterização de espécies arbóreas permitindo ampliar conhecimento sobre a vegetação florestal, esse trabalho descreveu anatomicamente o lenho de nove espécies arbóreas representativas da floresta estacional semidecidual do Estado do Paraná, visando a caracterização da biodiversidade desse ecossistema. Foram coletadas amostras da madeira de três indivíduos por espécie pelo método não destrutivo que foram processadas por metodologias usuais em anatomia da madeira, incluindo confecção de cortes histológicos, coloração com azul de astra e fucsina básica e a dissociação dos elementos do xilema secundário, complementando com microscopia eletrônica de varredura. Descrições seguiram terminologia do IAWA Comitee (1989). Dentre as nove espécies os caracteres qualitativos não variaram em comparação com estudos anteriores evidenciando as características fixas dos grupos taxonômicos. Houve divergência em relação aos caracteres quantitativos e a presença ou não de camadas de crescimento, inclusões minerais e máculas que são relacionadas ao microambiente em que os indivíduos estão inseridos, podendo variar dentre os espécimes, justificando essa diferença. Assim, de uma forma geral todas as características propostas para as famílias ou gêneros apresentados estão de acordo com a literatura encontrada contribuindo para o auxílio da identificação das espécies ou em pesquisas filogenéticas.

**Palavras-chave:** Caracterização anatômica. Anatomia do lenho. Xilema secundário. Mata Atlântica.

#### Introdução

Dentre as diversas vegetações florestais da Mata Atlântica, a Floresta Estacional Semidecidual encontra-se bastante ameaçada devido à intensa exploração da área para expansão agrícola; e no estado do Paraná, somente 3,09% da área original desse domínio florestal está protegida, representado por fragmentos irregularmente distribuídos pelo território do Estado (Jacobs 1999). Dentre estes fragmentos, o Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), é uma das maiores unidades de conservação do norte do Estado, considerado um ecossistema referência para restauração de outras áreas e para a recomposição de matas ciliares na região (Anjos 2006), o que o torna extremamente importante para a manutenção do que resta da diversidade biológica local (Silveira 2006).

---

<sup>3</sup> Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, Londrina, PR, Brasil.

<sup>4</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, km 111, Colombo, Paraná, Brasil.



O PEMG apresenta grande diversidade de estudos que englobam a fauna e a flora, o que torna o ambiente bastante conhecido, porém nada é descrito para anatomia do xilema secundário. Como as florestas tropicais são entre os maiores habitats os mais ricos em espécies e os que estão em maior perigo pela constante exploração dos seus recursos, a diversidade biológica deve ser tratada como um assunto global para ser classificada, utilizada, e acima de tudo, preservada (Conway 2005). A anatomia da madeira pode ser uma eficiente ferramenta de caracterização das espécies arbóreas, ampliando conhecimento sobre a vegetação florestal, que é fundamental para a preservação desses locais (Cury 2001).

Com isso, esse trabalho tem por objetivo descrever anatomicamente o lenho de nove espécies arbóreas mais representativas da floresta estacional semidecidual do estado do Paraná, visando a caracterização da biodiversidade desse ecossistema.

## Material e Métodos

As espécies arbóreas selecionadas para o estudo ocorrem no Parque Estadual Mata dos Godoy (23°27' S e 51°15' O, centro do parque), fragmento florestal localizado no município de Londrina, Estado do Paraná, Brasil. Com vegetação típica de Floresta Estacional Semidecidual, o fragmento florestal tem aproximadamente 690 ha (Bianchini *et al.* 2003) e é considerado uma dos últimos fragmentos florestais de mata nativa no Estado do Paraná em bom estado de conservação (IAP 2002). O clima é classificado como tropical úmido mesotérmico, a precipitação total anual média é de 1.602 mm e temperatura média anual é de 21°C. De acordo com registro histórico climático dos últimos 35 anos, dezembro, janeiro e fevereiro são os meses com maior volume pluviométrico, em torno de 200 mm; e mais quentes com média térmica de 23,9°C. Os meses mais secos são julho e agosto, quando o total de precipitação, em média, fica abaixo de 70 mm e o mês mais frio é junho com 16,9°C. Dessa forma, observa-se a distinção entre uma estação quente e úmida de outubro a março, e uma estação mais fria e seca de abril a setembro.

As espécies foram selecionadas (Tabela 1) com base nos maiores valores do índice de valor de importância (IVI) de acordo com um levantamento fitossociológico realizado no fragmento florestal (Soares-Silva & Barroso 1992).

Tabela 1 – Espécies arbóreas do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil, selecionadas para o estudo.

Famílias	Espécies	Nomes populares
Apocynaceae	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll. Arg.	Peroba, peroba-rosa
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i> Poit. & Baill.	Pau-jangada
	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Boleiro
	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Capixingui
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Canjarana
	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro
	<i>Trichilia clausenii</i> C. DC.	Catiguá-vermelho
Rosaceae	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Pessegueiro-bravo
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.)Engl.	Guatambú-de-leite

Amostras do lenho foram coletadas de três espécimes de cada espécie selecionada, pelo método não destrutivo, fazendo uma cava no tronco, a altura do peito, utilizando-se formão e martelo. Na região do ferimento foi aplicada solução fungicida e o mesmo vedado com massa de vidraceiro, afim de evitar contaminação por fitopatógenos. As amostras retiradas foram moldadas em corpos de prova e fixadas em F.A.A. 70%. Para a microscopia de luz, cortes histológicos dos planos transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial foram feitos utilizando-se micrótomo de deslizamento, com 20 a 30  $\mu\text{m}$  de espessura, corados em solução de azul de astra e fucsina básica e montados em glicerina em lâminas semi-permanentes (Kraus & Arduin 1997). A dissociação dos elementos celulares do lenho foi pelo método de Franklin (Kraus & Arduin 1997). Como análise complementar foi feita a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em Microscópio Eletrônico de Varredura FEI, modelo QUANTA200, marca Philips. Para tal secções do plano transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial de um dos corpos de prova foram desidratados em séries alcoólicas como meio substituinte de ponto crítico de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). As amostras secas foram fixadas em suportes de alumínio com auxílio de fita de carbono dupla face e cobertas com 20 nm de ouro.

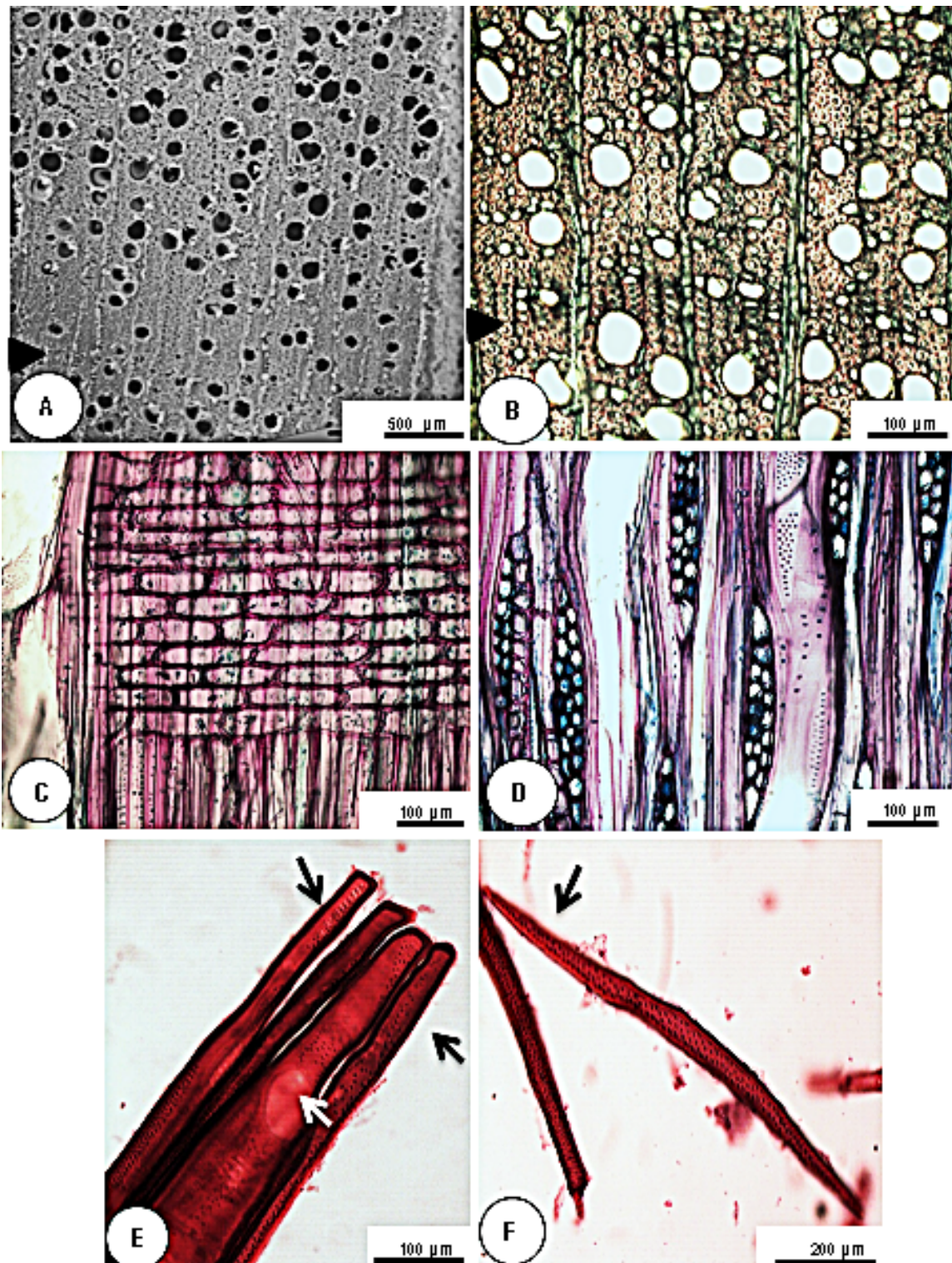
A terminologia utilizada nas descrições, assim como as contagens e as mensurações (n=30 por espécie; 10 por indivíduo) seguem as recomendações propostas pelo IAWA Committee (1989). Nos resultados os valores dos dados quantitativos estão dispostos da seguinte forma: (Mínimo) Médio (Máximo).

## Resultados

### Família Apocynaceae

*Aspidosperma polyneuron*: Camadas de crescimento: pouco distintas caracterizadas por maior espessamento e achatamento radial da parede das fibras no lenho tardio (Fig. 1 A, B), às vezes associadas à presença de parênquima axial marginal. Vasos: porosidade difusa; exclusivamente solitários; contorno dos vasos solitários circular a oval (Fig. 1 A, B); frequência de (57).

Figura 1 – Lenho de *Aspidosperma polyneuron*. –A: Secção transversal em Microscopia Eletrônica de Varredura. – B: Secção transversal em microscopia luz. --C: Secção longitudinal radial. --D: Secção longitudinal tangencial. – E: Vaso com placa de perfuração simples (seta branca) e traqueídes (setas pretas). -F: Traqueídes (seta preta). – Cabeça de seta preta: crescimento.

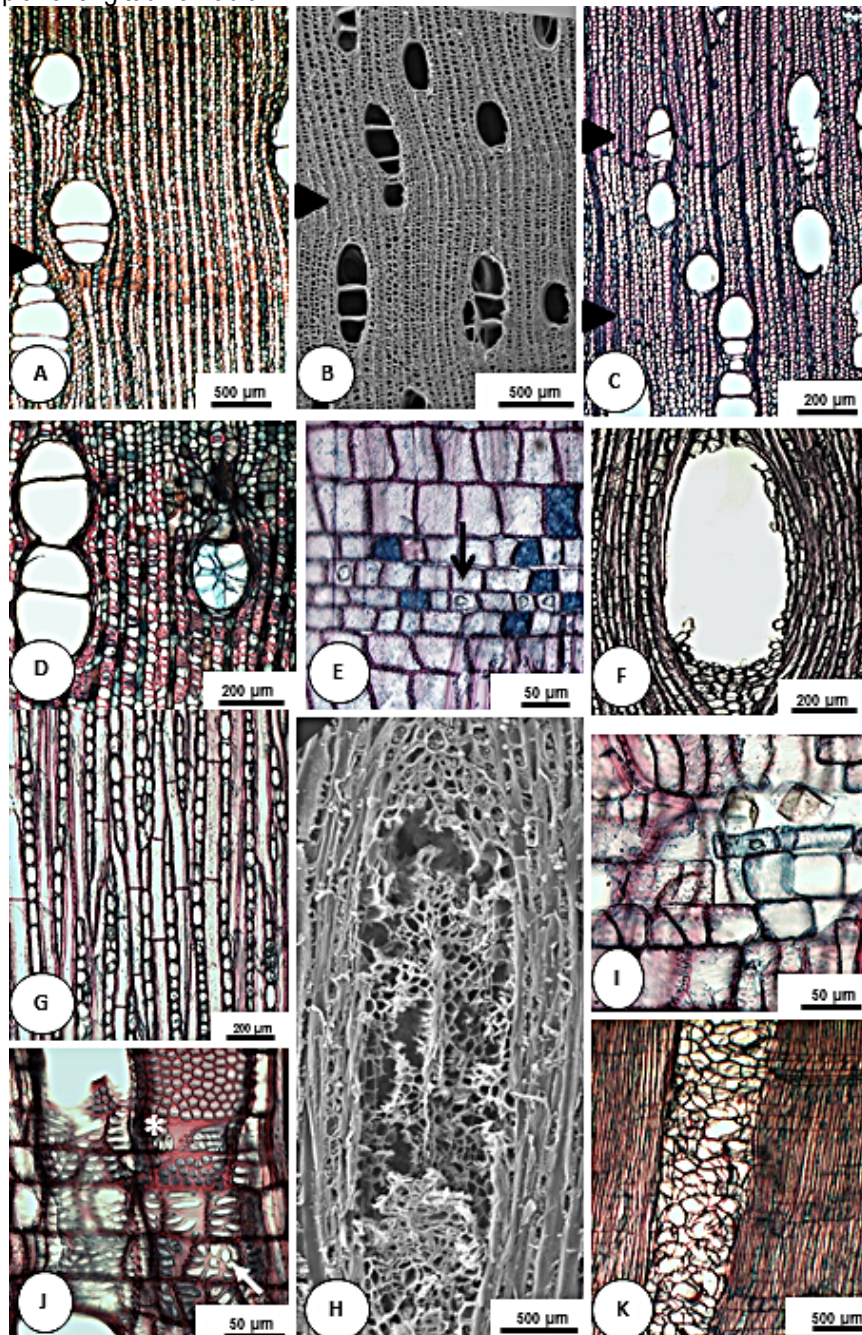


82,6 (100) vasos por mm<sup>2</sup>; diâmetro tangencial de (43,8) 59,6 (71,8) µm; comprimento de (292,3) 451,9 (801,4) µm; placas de perfuração simples (Fig. 1 E- seta branca); pontoações intervasculares alternas com formato circular; guarnecidas; com diâmetro tangencial de (2,1) 2,7 (3,6) µm; pontoações radiovasculares com aréolas distintas, semelhantes às intervasculares em tamanho e forma por todo o raio. Fibras e Traqueídes: traqueídes vasculares presentes (Fig.1 E, F – setas pretas); fibras com pontoações simples a diminutas em ambos os planos (radial e tangencial); parede das fibras muito espessa (3,6) 5,5 (7,7) µm; comprimento de (730,1) 1149,6 (1417,3) µm. Parênquima axial: apotraqueal difuso; paratraqueal escasso; parênquima em faixas presente; parênquima axial com 5-8 ou mais células por série. Raios: largura de 1-3 células (Fig. 1 D); altura de (96,8)198 (281,6) µm; homocelulares composto por células procumbentes (Fig. 1, C); (7) 10,5 (16) raios por mm. Inclusões minerais: cristais prismáticos em séries do parênquima axial.

#### Família Euphorbiaceae

*Alchornea glandulosa*. Camadas de crescimento: distintas demarcadas por espessamento e achatamento radial da parede das fibras no lenho tardio (Fig. 2 A). Vasos: porosidade difusa; sem arranjo específico; vasos solitários (42%) e múltiplos (58%); contorno dos vasos solitários circular a oval (Fig. 2 A); frequência de (3) 6,4 (13) vasos por mm<sup>2</sup>; diâmetro tangencial de (106,2) 144,3 (236,3) µm; comprimento de (337,9) 625,5 (1037,0) µm; placa de perfuração simples; pontoações intervasculares alternas circular de diâmetro (9,3) 11 (13,4) µm; pontoações radiovasculares com aréolas muito reduzidas e aparentemente simples de formato arredondado ou angular; tilos comuns (Fig. 2 D). Fibras: fibras com pontoações simples a diminutas; parede muito fina com espessura de (1,5) 2,7 (4,2) µm; comprimento de (855,8) 1496,9 (2025,7) µm. Parênquima axial: apotraqueal difuso em agregado; paratraqueal escasso; parênquima em faixas ausente; parênquima axial com 5-8 ou mais células por série. Raios: exclusivamente uniesseriados (Fig. 2 G); altura de (334,4) 715,3

Figura 2 – Lenho de Euphorbiaceae. --A: *Alchornea glandulosa*: Secção transversal (Cabeça de setas pretas: limites do anel de crescimento) --B: *Alchornea triplinervia*: secção transversal em microscopia eletrônica de varredura. (Cabeça de setas pretas: limites do anel de crescimento). --C: *Croton floribundus*: secção transversal (Cabeça de setas pretas: limites do anel de crescimento). --D: *Alchornea glandulosa*: tilo. --E: *Alchornea glandulosa*: cristais prismáticos em células do raio (seta). --F: *Alchornea glandulosa*: canal radial em secção tangencial. --G: *Alchornea glandulosa*: raios exclusivamente uniesseriados em secção radial. --H: *Alchornea triplinervia*: canal radial em secção tangencial em microscopia eletrônica de varredura. --I: *Alchornea triplinervia*: cristais prismáticos em células do raio. --J: *Croton floribundus*: pontoações intervasculares (asterisco) e radiovasculares (seta). --K: *Croton floribundus*: mácula no plano longitudinal radial.



(1438,8)  $\mu\text{m}$ ; heterocelulares (Fig. 2 E), compostos por células procumbentes, eretas e quadradas misturadas; (11) 12,87 (14) raios por mm; raios fundidos verticalmente. Estrutura secretora: canais

radiais presentes (Fig. 2 F). Inclusões minerais: Cristais prismáticos presentes em células eretas e quadradas do raio (Fig. 2 E – seta preta) e drusas nas células do parênquima radial e axial.

*Alchornea triplinervia*: Camadas de crescimento: distintas caracterizadas pelo maior espessamento e achatamento radial da parede das fibras (Fig. 2 B). Vasos: porosidade difusa; vasos solitários (41%) e múltiplos (59%); sem arranjo específico; contorno dos vasos solitários circular a oval (Fig. 2 B); frequência de (4) 8,9 (17,8) vasos por mm<sup>2</sup>; diâmetro tangencial de (109,6) 137,8 (175,3) µm; comprimento de (395,5) 566,5 (952,2) µm; placa de perfuração simples; pontoações intervasculares alternas de formato oval a circular (Fig. 2 G - asterisco) com diâmetro tangencial de (8,1) 10,2 (13,4) µm; pontoações radiovasculares com aréolas muito reduzidas e aparentemente simples de formato arredondado ou angular (Fig. 2 G - seta). Fibras: fibras com pontoações simples a diminutas; parede muito fina com espessura de (1,7)2,5 (3,3) µm; comprimento de (901,6) 1555,1 (1973,2) µm. Parênquima axial: apotraqueal difuso em agregado; paratraqueal escasso; parênquima em faixas ausente; parênquima axial com 5-8 células por série. Raios: exclusivamente unisseriados; altura de (196,4) 653,7 (1158,7) µm; heterocelulares com o corpo composto por células procumbentes e 2-4 ou mais camadas marginais de células eretas ou quadradas; (7) 10,4 (12) raios por mm; raios fundidos verticalmente. Estrutura secretora: canais radiais presentes (Fig. 2 H). Inclusões minerais: cristais prismáticos raros, mas presentes em células quadradas ou eretas do raio (Fig. I).

*Croton floribundus*: Camadas de crescimento: distintas e demarcadas pelo espessamento e achatamento radial da parede das fibras no lenho tardio (Fig. 2 C). Vasos: porosidade difusa; sem arranjo específico; vasos solitários (75%) e múltiplos (25%); contorno dos vasos solitários circular a oval (Fig. 2 C); frequência de (4) 7,7 (12) vasos por mm<sup>2</sup>; diâmetro tangencial de (115,1) 137,8 (172,4) µm; comprimento de (245,5) 504,5 (886,4) µm; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares alternas poligonais (Fig. 2 J – asterisco) com diâmetro de (5,9) 7,1 (8,7) µm; pontoações radiovasculares com aréolas muito reduzidas e aparentemente simples de formato arredondado ou angular (Fig. 2 J – seta branca). Fibras e Traqueídes: traqueídes presentes; fibras com pontoações simples a diminutas; parede das fibras muito fina com espessura de (1,7) 2,6 (5,6) µm e comprimento de (878,7) 1259,3 (1481,7) µm. Parênquima axial: apotraqueal difuso em agregado; paratraqueal escasso; parênquima em faixas ausente; parênquima axial com 3-4 células por série. Raios: largura de 1-3 células; altura de (267,3) 464,5 (900) µm; heterocelulares com o corpo composto por células procumbentes e 2-4 camadas marginais de células eretas ou quadradas; parede disjuntiva presente; (7) 9,8 (13) raios por mm. Inclusões minerais: drusas presentes em células quadradas e procumbentes do parênquima radial. Outras características: presença de máculas (Fig. 2 K).

Família Meliaceae

*Cabralea canjerana*: Camadas de crescimento: pouco distintas ou indistintas (Fig. 3 A). Vasos: porosidade difusa; sem arranjo específico; vasos solitários (55%) e múltiplos (45%); contorno dos vasos solitários circular a oval (Fig. 3 A); frequência de (3) 4,9 (9) por mm<sup>2</sup>; diâmetro tangencial de (65,4) 92,3 (114,1) µm; comprimento (176,1) 469,8 (689,8) µm; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares alternas, poligonais com diâmetro de (3) 4,1 (6,4) µm; pontoações radiovasculares com aréolas distintas, semelhantes às intervasculares em tamanho ou forma. Fibras: fibras septadas presentes; fibras com pontoações simples a diminutas; parede muito fina com (0,6) 1,3 (1,9) µm de espessura; comprimento de (611) 1154,3 (1755,2) µm. Parênquima axial: paratraqueal escasso ou vasicêntrico; parênquima em faixas com mais de 3 células de largura; parênquima axial com 5-8 células por série. Raios: largura de 1-3 células; altura de (66,9) 196,4 (445,1) µm; heterocelulares constituídos por células procumbentes e uma camada marginal de células quadradas (Fig. 3 D); (9) 13,6 (18) raios por mm.

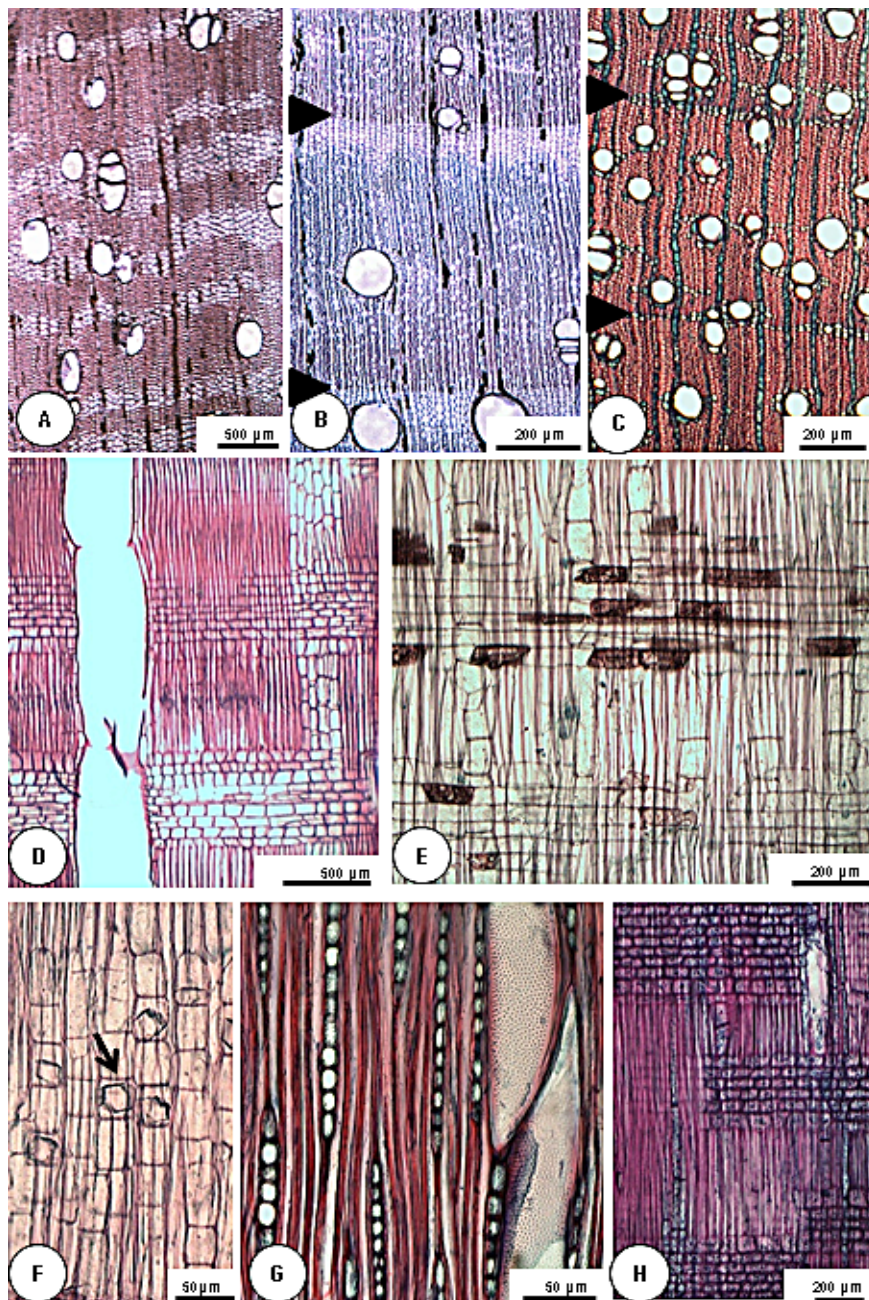
*Cedrela fissilis*: Camadas de crescimento: distintas e demarcadas por faixas de parênquima axial marginal e anéis semiporosos (Fig. 3 B). Vasos: semiporosos; sem arranjo específico; solitários (67%) e múltiplos (33%); contorno dos vasos solitários circular a oval (Fig. 3 B); frequência de (2) 3,3 (7) por mm<sup>2</sup>; diâmetro tangencial de (174,2) 258,4 (348,3) µm no lenho inicial e (56) 134 (209,7) µm no lenho tardio; comprimento dos vasos (85,4) 273 (459,5) µm; placa de perfuração simples; pontoações intervasculares alternas e poligonais com diâmetro de (4) 6,3 (8,9) µm; pontoações radiovasculares com aréolas distintas, semelhantes às intervasculares em tamanho ou forma. Fibras: pontoações simples a diminutas; parede muito fina com (1,3) 2,6 (4,2) µm de espessura; comprimento de (487,4) 948 (6992,2) µm. Parênquima axial: apotraqueal difuso em agregado; paratraqueal escasso ou vasicêntrico; parênquima em faixas marginais presente; parênquima axial composto por 5-8 células por série. Raios: largura de 1-3 células; altura de (108,1) 272,4 (411,2) µm; homocelulares constituídos por células procumbentes (Fig. 3 E); (3) 7,6 (11) raios por mm. Estrutura secretora: canais de goma. Inclusões minerais: cristais prismáticos em células do parênquima axial (Fig. 3 F).

*Trichilia claussenii*: Camadas de crescimento: distintas demarcadas por parênquima marginal (Fig. 3 C). Vasos: porosidade difusa; sem arranjo específico; vasos solitários (67%) e múltiplos (33%); contorno dos vasos solitários circular a oval (Fig. 3 C); frequência de (30) 49 (-80) por mm<sup>2</sup>; diâmetro tangencial de (41,1) 56,6 (74); comprimento de (188,3) 334,5 (529,1); placas de perfurações simples, pontoações intervasculares alternas poligonais de diâmetro horizontal (1,5) 2 (2,9) µm; pontoações radiovasculares com aréolas distintas, semelhantes às intervasculares em tamanho ou forma. Fibras: pontoações simples a diminutas; parede muito espessa (2,5) 4,0 (5,1) µm; comprimento de (506,8) 684,7 (948,8) µm. Parênquima axial: apotraqueal difuso em agregado; paratraqueal escasso; parênquima em faixas marginais ou em linhas mais de 3 células de largura; parênquima axial



com 5-8 células por série. Raios: exclusivamente unisseriados (Fig. 3 G); altura de (131,5) 212,5 (315,2)  $\mu\text{m}$ ; homocelulares compostos por células procumbentes (Fig. 3 H); (9) 18,6 (28) raios por mm

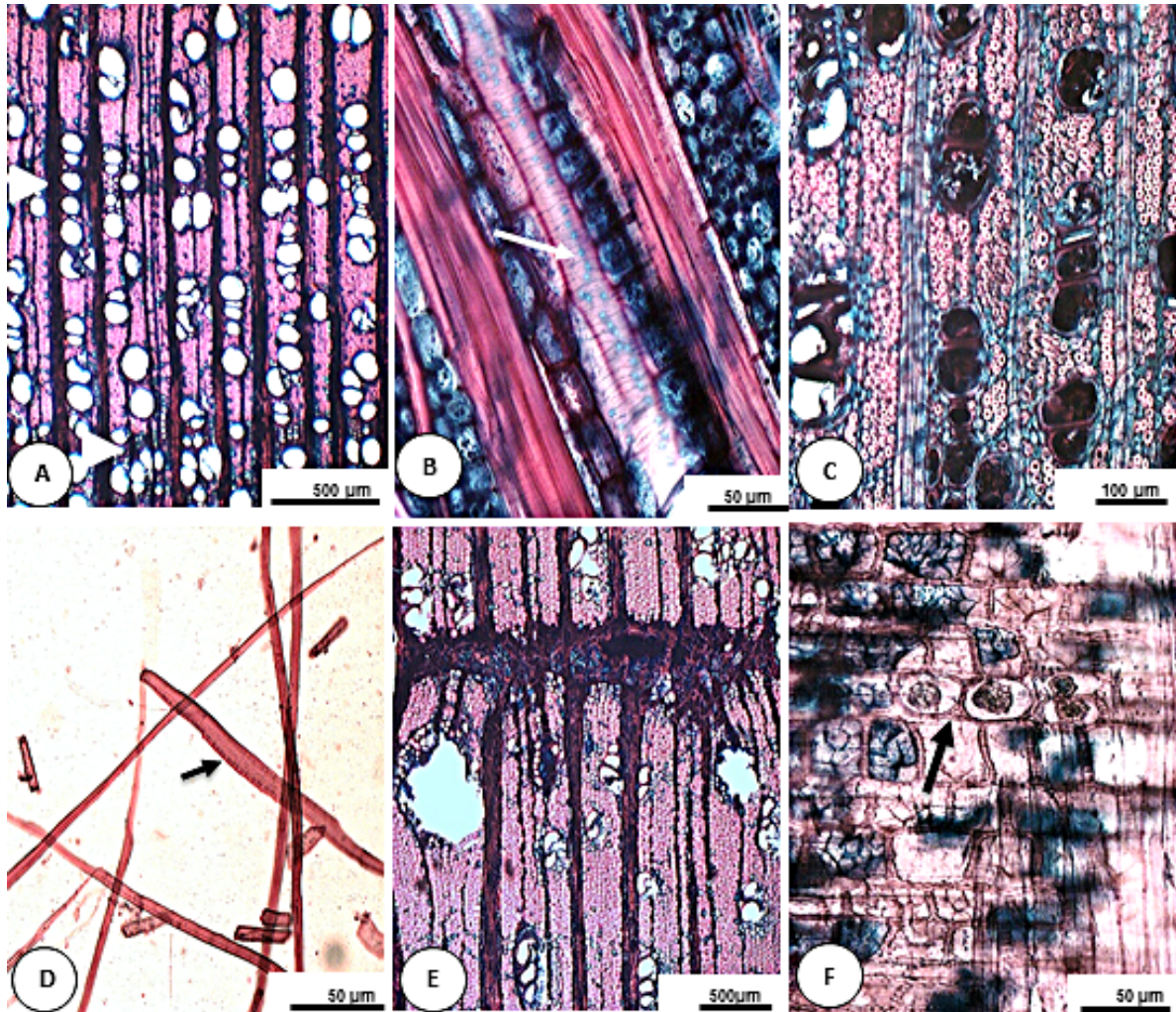
Figura 3 – Lenho de Meliaceae. --A: *Cabralea canjerana*: secção transversal. --B: *Cedrela fissilis*: secção transversal. --C: *Trichilia clausenii*: secção transversal. --D: *Cabralea canjerana*: secção radial - raios heterocelulares constituídos por células procumbentes e uma camada marginal de células quadradas. --E: *Cedrela fissilis*: secção radial - raios homocelulares constituído por células procumbentes. --F: *Cedrela fissilis*: cristais prismáticos em células do parênquima axial (seta). --G: *Trichilia clausenii*: secção tangencial - raios unicelulares. --H: *Trichilia clausenii*: secção radial - raios homocelulares constituído por células procumbentes. -- Cabeça de setas pretas: limites do anel de crescimento.



## Família Rosaceae

*Prunus myrtifolia*: Camadas de crescimento: distintas demarcadas por parênquima marginal (Fig. 4 A). Vasos: porosidade difusa; arranjo radial; vasos solitários (65%) e múltiplos (35%); contorno dos vasos solitários circular; frequência de (20) 32,8 (65) vasos por mm<sup>2</sup>; diâmetro tangencial de (38,4) 64,2 (95,9) µm; comprimento de (147,4) 355,6 (616,6) µm; placas de perfuração simples; pontoações intervasculares alternas poligonais com diâmetro de (1,5) 2,3 (2,8) µm; pontoações radiovasculares com aréolas distintas, semelhantes às intervasculares em tamanho ou forma; espessamento espiralado presente por todo o corpo do vaso (Fig. 4 B - seta); há depósito nos vasos de substâncias com coloração marrom (Fig. 4 C). Fibras e traqueídes: traqueídes presentes (Fig. 4 D - seta) com espessamento helicoidal; fibras com pontoações simples a diminutas; parede das fibras muito espessa (3,8) 5,2 (8,1) µm; comprimento de (1035,2) 1281,1 (1619,3) µm. Parênquima axial: apotraqueal: difuso; paratraqueal: escasso ou vasicêntrico; parênquima em faixas marginais presente; parênquima axial com 3-4 células por série. Raios: na maioria com 1-3 células de largura, mas são encontrados com frequência raios mais largos com 4-10 células de largura; altura de (360,4) 725,4 (1101,8) µm; heterocelulares com corpo do raio composto por células procumbentes e 1 ou 2-4 camadas marginais de células quadradas ou eretas; (11) 18,4 (25) raios por mm. Estrutura secretora: canais intercelulares de origem traumática (Fig. 4 E). Inclusões minerais: drusas presentes em células procumbentes septadas do parênquima radial (Fig. 4 F - seta).

Figura 4 – Lenho de *Prunus myrtifolia*. --A: Secção transversal evidenciando os limites dos anéis de crescimento (cabeça de setas brancas). --B: Espessamento helicoidal presente em todo o elemento de vaso (seta). --C: Depósito nos vasos de substâncias com coloração marrom. --D: Traqueíde (seta). --E: Canal intercelular de origem traumática em secção transversal. --F: Drusas em de células procumbentes do parênquima radial (seta).

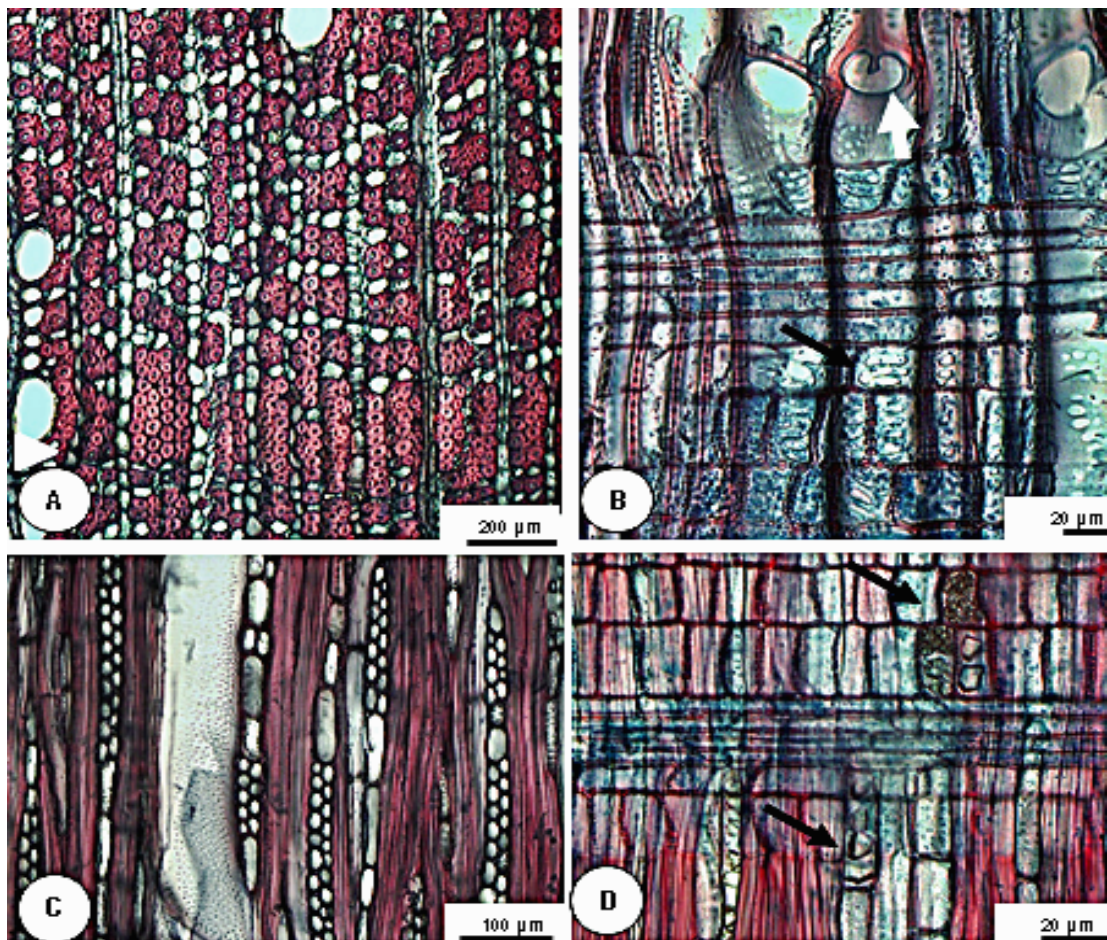


#### Família Sapotaceae

*Chrysophyllum gonocarpum*. Camadas de crescimento: presente; caracterizadas por espessamento e achatamento radial da parede das fibras ocasionalmente associados a parênquima marginal (Fig. 5 A). Vasos: porosidade difusa; arranjo em diagonal e/ou radial; vasos múltiplos radiais ou em pequenos agrupamentos; contorno dos vasos solitários circular a oval; frequência de (34) 70 134 vasos por mm<sup>2</sup>; diâmetro tangencial de (42,5) 62,5 (76,7) µm; comprimento de (196,9) 336,9 (507,3) µm; placas de perfuração simples (Fig. 5 B – seta branca); pontoações intervasculares alternas de formato circular e diâmetro de (1,9) 2,5 (3,3) µm; pontoações

radiovasculares com tamanhos distintos na mesma célula radial (Fig. 5 B – seta preta). Fibras: pontoações simples a diminutas; parede muito espessa de (3) 6,1 (7,7)  $\mu\text{m}$  de espessura; comprimento de (1089,3) 1609,1 (1959,2)  $\mu\text{m}$ . Parênquima axial: paratraqueal escasso; parênquima em faixas presente com até três células de largura e em faixas marginais; parênquima axial com 5-8 células por série. Raios: porção unisseriada e porção multisseriada de igual largura (Fig. 5 C); altura de (133,7) 266,1 (423,7)  $\mu\text{m}$ ; heterocelulares sendo o corpo do raio composto por células procumbentes e 2-4 camadas marginais de células quadradas ou eretas, alguns raios também apresentaram células procumbentes, eretas e quadradas misturadas; (11) 16,6 (23) raios por mm. Inclusões minerais: cristais prismáticos presentes em células dos parênquimas axial e radial, podendo conter um cristal ou mais por célula, de tamanhos iguais ou variados (Fig. 5 D - setas).

Figura 5 – Lenho de *Chrysophyllum*. --A: Secção transversal evidenciando os limites dos anéis de crescimento (cabeça de setas brancas). --B: Placas de perfuração simples (seta branca) e pontoações radiovasculares com tamanhos distintos na mesma célula radial (seta preta). --C: Secção tangencial – raios com porção unisseriada e porção multisseriada de igual largura. --D: Cristais prismáticos presentes em células do parênquima axial (setas pretas).



## Discussão

Características como placa de perfuração simples, pontoações intervasculares alternas e guarnecidas, pontoações radiovasculares semelhantes às intervasculares e vasos comumente associados à traqueídes vasicêntricas apresentadas por *Aspidosperma polyneuron* são consideradas uniformes dentro da família Apocynaceae (Lens *et al.* 2008), e para essa espécie, também foram descritas por Richter e Dallwitz (2000) e Cury (2001).

A família Euphorbiaceae é subdivida em cinco subfamílias, dentre elas Alcalyphoideae, onde o gênero *Alchornea* está inserido e Crotonoideae onde o gênero *Croton* está inserido (Webster 1994). Hayden e Hayden (2000) numa caracterização de Alcalyphoideae também encontraram camadas de crescimento demarcadas por variação da espessura e achatamento radial da parede das fibras entre o lenho inicial e o lenho tardio; vasos com porosidade difusa; pontoações radiovasculares com aréolas bastante reduzidas, de vários formatos e orientadas em vários sentidos; fibras com parede muito finas; parênquima axial difuso ou difuso em agregado; máculas; inclusões minerais do tipo cristais; e raios estreitos e heterocelulares. Os mesmos autores descreveram canais lisígenos presentes em raios largos. Estrutura semelhante no presente trabalho é denominada de canais radiais, devido à localização e definição proposta por IAWA *Committee* (1989). Como as características dessa subfamília são comuns e frequentes nas espécies de Alcalyphoidea, o grupo foi considerado coeso (Hayden & Hayden 2000).

Em descrições anteriores, *Croton floribundus* apresentou camadas de crescimento indistintas e ausência de parede disjuntiva, traqueídes e máculas (Gouveia *et al.* 2007), diferentemente do encontrado no atual estudo, que caracteriza camadas de crescimento distintas e a presença das outras estruturas. Hayden e Hayden (2000) consideraram que características anatômicas de Alcalyphoidea são bastante semelhantes com Crotonoideae, evidenciando as proximidades das subfamílias. Isso é verificado também para as três espécies analisadas no presente estudo, considerando camadas de crescimento, porosidade dos vasos, tipos de pontoações radiovasculares, espessura da parede das fibras, tipo de parênquima axial, constituição celular dos raios e a presença de inclusões minerais.

*Cedrela fissilis* e *Cabrlea canjerana* já foram amplamente estudadas e a anatomia da madeira dessas espécies foi descrita por Richter & Dallwitz (2000), Cury (2001), Iwasaki-Marochi (2007), Lobão (2011) e Mabberley (2011); e os caracteres apresentados nesse trabalho corroboram os trabalhos anteriores, com exceção à cristais prismáticos em *Cabrlea canjerana*, não encontrados no presente estudo. Para o gênero *Trichilia*, Mabberley (2011) descreveu vasos moderadamente

pequenos a médios, parênquima em faixas marginais e cristais em células septadas do parênquima axial. Todos esses caracteres estão presentes em *Trichilia clausenii*, exceto a presença de cristais.

Para Rosaceae, Kalkman (2004) citou anel de crescimento demarcado por maior espessamento da parede das fibras na grande maioria dos gêneros, vasos pequenos e numerosos, espessamento espiralado, placa de perfuração simples, parênquima apotraqueal comum e paratraqueal raro, cristais em células septadas do parênquima radial. Para o gênero *Prunus*, descreveu espessamento espiralado da parede dos elementos de vaso, anel tipo semiporoso e depósito de goma. Diferentemente dessa descrição, *Prunus myrtifolia* apresentou camadas de crescimento demarcadas por parênquima marginal, traqueídes vasicêntricas, canais intercelulares de origem traumática, drusas em células septadas procumbentes do raio, características também encontradas por Richter e Dallwitz (2000) para uma espécie do gênero *Prunus*.

Uma descrição genérica do gênero *Chrysophyllum* indicou camadas de crescimento distintas demarcada por achatamento radial das fibras, podendo ocorrer associação com parênquima marginal e anéis semiporosos; vasos com porosidade difusa, múltiplos, placa de perfuração simples e tilos presentes; fibras com paredes muito espessas e pontoações diminutas; raios fusionados, presença de células perfuradas do raio e parede disjuntiva; presença de cristais prismáticos e corpos silicosos (Costa 2006). Embora o trabalho tenha descrito o gênero, sem incluir *Chrysophyllum gonocarpum*, as características apresentadas são muito semelhantes às observadas nesse estudo, indicando similaridade dentro do gênero. Segundo a autora, dentro do gênero, algumas características como porosidade difusa e placa de perfuração simples não variam entre os indivíduos, portanto não podem ser usadas como diagnóstico para separar espécies, além de evidenciar a semelhança do gênero.

Embora muitas características sejam fixas de espécies ou grupos taxonômicos, corroborando descrições já realizadas, houve divergência em relação aos caracteres quantitativos e a presença ou não de camadas de crescimento, inclusões minerais e máculas. Essas características são relacionadas ao microambiente em que os indivíduos estão inseridos, podendo variar dentre os espécimes. Em estudos descritivos de anatomia da madeira ocorrem sutis variações quanto aos caracteres quantitativos (Marchiori 1985, Cury 2001) quando são comparados a outros estudos, o que faz com que essas características sejam associadas às condições ambientais (temperatura, precipitação, altitude, características edáficas) de cada local. Em estudos de anatomia ecológica, variações nos caracteres quantitativos são mais frequentes e geralmente não ocorrem nos caracteres qualitativos (Marcati *et al.* 2001, Denardi & Marchiori 2005, Ribeiro & Barros 2006).

A presença de camadas de crescimento bem demarcadas em oito das nove espécies sugere que há sazonalidade nas condições ambientais que afeta a atividade cambial, formando anéis de crescimento (Worbes 1995, Alves e Angyalossy - Alfonso 2000) o que a torna essa

característica dependente das variações ambientais. A presença de camadas de crescimento é uma característica comum nas espécies da flora brasileira, observada em 48% das espécies estudadas presentes locais de clima mesotérmico (Alves & Angyalossy-Alfonso 2000).

Em relação às inclusões minerais do parênquima, muitos autores afirmam que seja característica fixa de espécies, gêneros ou famílias, apresentando importância taxonômica (Vasconcellos *et al.* 1996) ou que a variação ocorra devido a idade da árvore (Gourlay & Kanowsky 1991), porém também pode ocorrer variações na frequência de acordo com o ambiente (Barrajas-Morales 1985). Máculas são relativamente frequentes em madeiras com fibras de parede bastante fina (Hayden & Hayden 2000) e frequentemente são de origem traumática Ceccantini (1996) podendo não ser uma característica fixa da espécie, apenas uma resposta ao ambiente.

Assim, de uma forma geral todas as características propostas para as famílias ou gêneros apresentados estão de acordo com a literatura encontrada contribuindo para o auxílio da identificação das espécies ou em pesquisas filogenéticas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise – LMEM da Universidade Estadual de Londrina e ao técnico Edson Mendes Francisco do Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas (LABRE) da Universidade Estadual de Londrina, pelo auxílio na identificação das espécies em campo.

## Referências

- Alves, E.S. & V. Angyalossy-Alfonso. 2000. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species: growth rings and vessels. *IAWA J.* 21: 3 -- 30.
- Anjos, L. 2006. Conservação do Parque Estadual Mata dos Godoy. In: J.M.D. Torezan (ed.), *Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy*: 168 -- 169. Itedes, Londrina.
- Barajas - Morales, J. 1985. Wood structural differences between trees of two tropical forests in México. *IAWA Bull.* 6: 355 – 364.
- Bianchini, E., R.S. Popolo, M.C. Dias & J.A. Pimenta. 2003. Diversidade e estrutura de espécies arbóreas em área alagável do município de Londrina, sul do Brasil. *Acta Bot Bras.* 17: 405 -- 419.
- Ceccantini, G. 1996. Anatomia ecológica do lenho de espécies de cerrado e mata: *Casearia sylvestris* Sw. E *Machaerium villosum* Vog. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Botânica), Universidade de São Paulo, São Paulo.

Conway, W. 1997. A tecnologia pode ajudar na preservação das espécies? In: E.O. Wilson (ed), Biodiversidade: 333 -- 341. Nova Fronteira, Rio de Janeiro.

Costa, A.D.C. 2006. Anatomia da madeira em Sapotaceae. Tese (Doutorado em Ciências – Botânica) Universidade de São Paulo, São Paulo.

Cury, G. 2001. Descrição da estrutura anatômica do lenho e sua aplicação na identificação de espécies arbóreas do Cerrado e da Mata Atlântica do Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

Denardi, L. & J.N.C. Marchiori. 2005. Anatomia ecológica da madeira de *Blepharocalyx salicifolius* (H. B. K.) Berg. Ciências Florestais. 15: 119 -- 127.

Gouveia, T.C., S.M.B. Florsheim, J.A. Pastore, O.T. Aguiar, & I.L. Lima. 2007. Morfologia, anatomia do lenho e densidade básica de *Croton floribundus* Spreng e *Croton macrobothrys* Baillo. IF S Reg. 31: 45 -- 49.

Gourlay, J.D. & P.J. Kanowski. 1991. Marginal parenchyma bands and crystalliferous chains as indicator of age in African *Acacia* species. IAWA Bull. 12: 187 -- 194.

Hayden, W.J. & S.M. Hayden. 2000. Wood anatomy of Acalyphoideae (Euphorbiaceae). IAWA J. 21: 213 -- 235.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. 2002. Plano de Manejo do Parque Estadual Mata dos Godoy. Disponível em: <http://www.uc.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=27>.

IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bull. 10: 219 -- 332.

Iwasaki-Marochi, C. 2007. Anéis anuais de crescimento do cedro (*Cedrela fissilis* - Meliaceae) aplicados à avaliação da taxa de crescimento e dendroclimatologia. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

Jacobs, G.A. 1999. Evolução dos remanescentes florestais e áreas protegidas no Estado do Paraná. Cadernos de Biodiversidade. 2: 73 -- 81.

Kalkman, C. 2004. Rosaceae. In: K. Kubitzki (ed.), The families and genera of vascular plants: 343 -- 386. Springer, Berlin.

Krauss, J.E. & M. Arduin. 1997. Manual Básico de Métodos em Morfologia Vegetal. Edur, Seropédica.

Lens, F., M.E. Endress, P. Baas, S. Jansen & E. Smets. 2008. Wood anatomy of Rauvolfioideae (Apocynaceae): a search for meaningful non-dna characters at the tribal level. Am J Bot. 95: 1199 -- 1215.

Lobão, M.S. 2011. 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. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

Mabberley, D.J. 2011. Meliaceae. In: K. Kubitzki (ed.), The families and genera of vascular plants: 185 - 211. Springer, Berlin.



- Marcati, C. R., V. Angyalossy-Alfonso & L. Benetati. 2001. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. *Rev Brasil Bot.* 24: 311 - 320.
- Marchiori, J.N.C. 1985. Anatomia da madeira de catiguá-vermelho *Trichilia hieronymi* Griseb. (Meliaceae). *Revista Centro de Ciências Rurais.* 15: 355 -- 365.
- Ribeiro, M. L. R. C. & C.F. Barros. 2006. Variação intraspecífica do lenho de *Pseudopiptadenia contorta* (DC.) G.P. Lewis & M.P. Lima (Leguminosae - Mimosoideae) de populações ocorrentes em dois remanescentes de Floresta Atlântica. *Acta Bot Brasil.* 20: 839 -- 844.
- Richter, H.G. & M.J. Dallwitz. 2000. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 25th June 2009. Disponível em <http://delta-intkey.com>. Acessado em agosto de 2012.
- Silveira, M. 2006. A vegetação do Parque Estadual Mata dos Godoy. In: J.M.D. Torezan (Org.). *Ecologia do Parque Estadual da Mata dos Godoy: 19--27.* Itedes, Londrina.
- Soares-Silva, L.H. & G.M. Barroso. 1992. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta na porção norte do Parque Estadual Mata do Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. *Anais 8º Congresso da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.* [s.v.] 101--112.
- Vasconcellos, F.J., J.A. Freitas & A.C. Silva. 1996. Observações microscópicas de inclusões minerais no xilema de espécies tropicais da Amazônia. *Acta Amaz.* 25: 55 -- 68.
- Webster, G.L. 1994. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. *Ann Miss Bot Gard.* 81: 33 --144.
- Worbes, M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees - A review. *IAWA J.* 16: 337 -- 351.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De uma forma geral, os objetivos do trabalho foram alcançados: as espécies arbóreas da Floresta Estacional Semidecidual do Estado do Paraná: *Alchornea glandulosa*, *Alchornea triplinervia*, *Aspidosperma polyneuron*, *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis*, *Chrysophyllum gonocarpum*, *Prunus myrtifolia* e *Trichilia clausenii* formam anéis de crescimento distintos e anuais, resultantes da sazonalidade da atividade cambial. Ou seja, no inverno (junho a agosto), período caracterizado por menor precipitação, há uma menor atividade cambial e essa atividade é retomada com o início da estação chuvosa, a partir de outubro, que coincide também, com a época do ano em que o comprimento do dia é maior, indicando a importância do fotoperíodo na atividade cambial. Essa importância pode estar relacionada ao brotamento de novas folhas na copa das árvores que fornecem recursos para as divisões das células cambiais e formação de novas células. Dessa forma, atividade cambial e fenologia estão diretamente relacionadas, e embora essa relação esteja evidenciada pelos resultados obtidos, estudos posteriores que acompanhem por mais tempo o incremento em circunferência do tronco, concomitantemente com os ciclos fenológicos dos mesmos indivíduos, podem gerar dados mais consistentes.

Em relação aos futuros estudos dendrocronológicos, as mesmas espécies apresentam potencial para tal, já que todas formam anéis de crescimento distintos, sendo este um fator essencial para esse tipo de estudo. Ainda que preliminares, os resultados mostram algumas espécies com maior potencial, uma vez que mesmo com reduzida amostragem, apresentaram correlações consideráveis, reflexo de uma boa sincronização entre as séries temporais amostradas. Para aquelas que não obtiveram uma boa correlação, metodologias auxiliares e/ou complementares (e.g.: densitometria de Raio-X e análise de materiais completos, como discos) deveriam ser considerados. Como o Parque Estadual Mata dos Godoy é uma Unidade de Conservação e não há a necessidade de retirada de árvores inteiras para esse tipo de estudo, aquelas espécies que apresentaram boa correlação, mesmo com amostras em formas de baguetas, são as mais indicadas. Assim, estudos como esse são possíveis no Parque Estadual Mata dos Godoy.

A análise histórica dos anéis de crescimento mostrou-se como uma interessante ferramenta para verificar as taxas e padrões de crescimento dos indivíduos/espécies analisados. Diferentes taxas de crescimento mostram a “estratégia” de vida destas espécies, evidenciando diferentes formas de investimento de recursos pelas plantas: aquelas que apresentam baixas taxas de crescimento investem na produção de madeira mais resistente e aquelas que possuem baixa densidade da madeira pois investem em crescimento. O primeiro exemplo é de espécies que apresentam um ciclo de vida mais longo, e o segundo, de espécies com um rápido ciclo de vida. Esse

tipo de informação amplia o conhecimento acerca da biologia ou ecologia das espécies ou mesmo da estrutura da vegetação florestal.

Em relação à anatomia da madeira, os caracteres confirmaram as descrições já feitas das espécies ou gênero, com pequenas variações em relação às variáveis quantitativas e às vezes qualitativas, justificáveis pelos diferentes ambientes em que as plantas se desenvolveram; nos estudos usados para comparação. Assim, de uma forma geral todas as características propostas para as famílias ou gêneros apresentados estão de acordo com a literatura encontrada contribuindo para o auxílio da identificação das espécies ou em pesquisas filogenéticas.

ANEXO

## ANEXO A

## Instruções para Preparação dos Manuscritos – IAWA Journal

**IAWA Journal – Instructions for preparation of manuscripts****Introduction**

The IAWA Journal is an international periodical publishing original papers and review articles on any subject related with the microscopic structure of wood and bark of stems and roots of woody plants (including palms and bamboo). Apart from anatomy *per se*, subjects at the interface of microstructure and developmental genetics, systematics, palaeobotany, archaeology, tree biology, forestry, structure-property relations of timber, biomechanics, wood identification, etc. etc. are welcomed.

**General instructions**

Please consult recent IAWA Journal issues for general lay-out and formatting

Start with a concise and informative title, followed by the name(s) and address(es) of the authors. The summary should not exceed 200 words, followed by 4–8 *Key words*, that are not in the title identifying the subject matter. Double-space manuscripts throughout, including tables, figure captions, and literature citations. Leave at least 2.5 cm margin on all sides of the typed pages. Do not use proportional spacing or justified margins.

The order of the text normally should be: Summary, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, (Acknowledgements), References. In special cases deviations from these subdivisions (major headings) are acceptable, and sometimes further subdivisions within main sections are desirable. In very brief communications there is no need for any subdivision.

Cite each figure and table in the text and, as far as possible, cite them in numerical order.

Literature citations in the text should be as follows:

1. *One author*: Smith (1960) or (Smith 1960).
2. *Two authors*: Smith and Gomez (1990) or (Smith & Gomez 1990).
3. *Three or more authors*: Smith *et al.* (1990) or (Smith *et al.* 1990). But give all author names in the References.
4. *Multiple references when within parentheses* (Liu 1977; Smith 1989, 1990).

**References**

Citations should conform to the following format:

5. *For books, e.g.*: Hillis, W.E. 1987. Heartwood and tree exudates. Springer Verlag, Berlin.
6. *For chapters in a book, e.g.*: Esau, K. 1964. Structure and development of the bark in dicotyledons. In: M.H. Zimmermann (ed.), The formation of wood in forest trees: 37–50. Academic Press, New York.
7. *For journals, e.g.*: Bailey, I.W. & C.G. Nast. 1945. Morphology and relationships of *Trochodendron* and *Tetracentron*, 1. Stem, root, and leaf. J. Arnold Arbor. 26: 143–154.

Use italics in the references for scientific names. When the author(s) is/are the same as in the immediate preceding citation(s) write out the name(s) of the author(s), i.e., do not replace author names with a long dash. Use only a period, without a space, between the initial(s) of an author's name. Leave one space between the volume number with colon and page numbers in a journal article. Use double hyphens between page numbers, e.g., IAWA Bull. n.s. 10: 72–81.

**Illustrations**

Plates should be carefully composed leaving not more than about 1 mm space between the individual photographs. Leave at least 2 cm margins around the grouped photographs. On a printed Journal page the maximum dimensions for a plate are 120 x 190 mm, but authors are advised to allow ample space for captions at the bottom of the page. A resolution of at least 300 dpi should be used and preferably plate files should be saved in tiff or jpg format.

For graphs or line figures a higher resolution (at least 1000 dpi) should be used.

**Colour photographs**: For inserting one colour plate/photograph, extra costs of USD 450 or EUR 325 will be charged. For multiple colour plates per article, please request price information from the IAWA office.

**Magnifications** should be indicated by scale bars.

**Figure captions**

Please consult recent issues of the IAWA Journal. Use 'Fig.' for singular and plural in the general text. For grouped figures in a single plate, begin with a list of figures in that plate and, if appropriate, follow with an inclusive general description of those figures. For instance:

Fig. 1–4. Transverse sections of *Ulmus* species. – 1: *Ulmus americana*. – 2: *Ulmus tonkinensis*. – 3: *Ulmus rubra*. – Scale bars = 250 µm.

Important note: Use two hyphens between individual captions and explanations of scale bars and explanations of symbols used to label the figures.

**Authors**

At least one of the authors should be a paid-up IAWA member. There are no page charges to authors, except for colour plates (see above).

**Reprints and pdfs**

There is a charge for reprints, with the cost determined by the length of the article. A pdf of the paper will be provided free of charge to the authors, before hard copy publication.

**Submission**

Digital copies of separate text, table and illustration files should be electronically submitted to one of the editors in chief. Do not combine text and illustrations (photographs, drawings, graphs) in one file! When files are too large for e-mail transmission, please submit your MS on CD-ROM (together with one hard copy) with priority mail or through You-Send-It or other digital services.

**Manuscripts may be submitted to either:**

P. Baas, NCB-Naturalis, Nationaal Herbarium, P.O. Box 9514, 2300 RA Leiden, The Netherlands; Fax: 31-71-5273511 or 31-71-5273522  
e-mail: baas@nhn.leidenuniv.nl

or

E.A. Wheeler, Department of Forest Biomaterials, Box 8005, North Carolina State University, Raleigh NC 27695-8005, USA; Fax: 1-919-513-3496  
e-mail: xylem@ncsu.edu