

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TOMAZ LONGHI-SANTOS

DENDROECOLOGIA DE *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs EM  
UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, PARANÁ,  
BRASIL

CURITIBA

2013

TOMAZ LONGHI-SANTOS

DENDROECOLOGIA DE *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs EM  
UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, PARANÁ,  
BRASIL

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Conservação da Natureza, Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Franklin Galvão  
Coorientador: Dr. Paulo César Botosso

CURITIBA

2013

Ficha catalográfica elaborada por Deize C. Kryczyk Gonçalves – CRB 1269/PR

Longhi-Santos, Tomaz

Dendroecologia de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Paraná, Brasil /Tomaz Longhi-Santos - 2013.

95 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Franklin Galvão

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo César Botosso

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.

Defesa: Curitiba, 26/02/2013.

Inclui bibliografia

Área de concentração: Conservação da natureza

1. Ecologia florestal - Paraná. 2. Dendrocronologia - Paraná. 3. Árvores – Crescimento - Paraná. 4. Teses. I. Galvão, Franklin. II. Botosso, Paulo César. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

CDD – 634.9  
CDU - 634.0.18(816.2)



Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

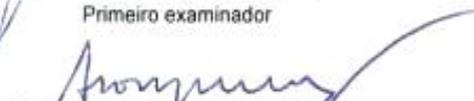
## PARECER

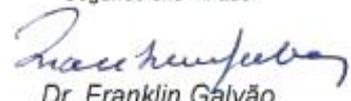
Defesa nº. 960

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após argüir o(a) mestrando(a) *Tomaz Longhi Santos* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**DENDROECOLOGIA DE *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L. B. Sm. & Downs EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, PARANÁ, BRASIL**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em **CONSERVAÇÃO DA NATUREZA**.



  
Dr. Juliano Morales de Oliveira  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos  
Primeiro examinador

  
Dr. Afonso Figueiredo Filho  
Universidade Federal do Paraná  
Segundo examinador

  
Dr. Franklin Galvão  
Universidade Federal do Paraná  
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 26 de fevereiro de 2013.

  
Antônio Carlos Batista  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
Carlos Roberto Sanquetta  
Vice-coordenador do curso

Aos meus pais, Luiz e Sonia, a minha irmã Fabiolle e a minha *nonna* Ermerinda, pelo apoio, compreensão, confiança e amor.

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida.

Aos meus pais Luiz e Sonia e a minha irmã Fabiolle, pelo amor incondicional e incentivo diário, por serem meus grandes exemplos de persistência e determinação. A minha *nonna* Ermerinda pelo zelo e preocupação. Amo vocês.

Ao meu orientador e amigo Prof. Franklin Galvão pela confiança, orientação e conselhos, pelas conversas descontraídas e as caronas no “Expresso Boa Vista”.

Ao meu coorientador e amigo Dr. Paulo C. Botosso pelo incentivo, orientação e dedicação na transmissão de seus conhecimentos em dendrocronologia.

À Profa. Yoshiko pelo carinho, amizade, preciosos conhecimentos confiados e por assegurar meu café da manhã todos os dias no laboratório.

Ao Prof. Roderjan pela amizade, estímulo no conhecimento de Dendrologia e companheirismo nos trabalhos de campo.

Aos amigos e Engenheiros Florestais do Laboratório de Ecologia Florestal da UFPR, Jaçanan, Michella, Santiago e Eduardo, pela cumplicidade e parceria nos trabalhos; aos estagiários, Alexandre, Carolina e Iasmin, pela colaboração no preparo das amostras; a Bruno Palka, pela dedicação e auxílio na construção dos mapas deste trabalho, além da amizade e parceria cotidiana; a Raquel, pela caminhada conjunta nas descobertas sobre *S.commersoniana*, conversas e conselhos construtivos; e a Kelly, que com muita paciência e entusiasmo me auxiliou com as análises estatísticas deste trabalho.

Aos amigos e Engenheiros Florestais do Laboratório de Dendrometria da UFPR, Prof. Sebastião, Prof. Décio, Rodrigo, Angelo, Luís e Bruno, pela companhia, convívio e discussões. A Naiara, pela amizade, ajuda nos momentos de “branco dendrométrico” e pelas longas conversas movidas a chimarrão que tornaram o decorrer do mestrado muito mais leve.

Ao meu amigo e Engenheiro Florestal Henrique Ferraço pelo auxílio nas traduções dos textos.

A minha família curitibana Tia Sônia, Tio Jorge, filhos(as) e agregados(as), pelo suporte, atenção, animado e fraterno convívio.

Aos meus amigos de república Jonas, Fellipe e Pedro, pela paciência, respeito, companheirismo e parceria. Com certeza, amigos para a vida toda.

Aos meus amigos da pós-graduação e da graduação, pelo incentivo e parceria nesta caminhada acadêmica. Aos companheiros de Colegiado do Curso, Phillipe e Rafael, pela determinação e esforço na busca por melhorias no programa de pós.

Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná pela oportunidade deste mestrado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos, muito obrigado.

*A descobrir fatos novos e isolados eu preferia ligar fatos já sabidos. [...] Nesta grande sequência de causa e efeito, nada pode ser considerado isolado."*

**Alexander von Humboldt**

*Uma vez que eu entenda intelectualmente que a minha relação com a terra é mesma que a de uma folha com uma árvore, é óbvio que as necessidades da árvore têm prioridade sobre as necessidades da folha.*

**J.S.**

## RESUMO

A necessidade da manutenção dos ambientes aluviais, intensamente antropizados e fragilizados, faz com que o conhecimento das estratégias ecológicas de crescimento das espécies arbóreas que os compõem se torne uma questão premente com vistas a sua conservação. Estudos dendroecológicos e dendrocronológicos permitem compreender estas relações, por meio das informações registradas nos anéis de crescimento, formados periodicamente em uma série de espécies vegetais. Diversos são os fatores endógenos e exógenos que atuam no crescimento dessas espécies de maneira conjunta, sendo que o resultado desta interação está refletido na largura do anel de crescimento apresentado para um determinado ano. Além disso, a busca por uma posição favorável no estrato florestal pode ser verificada ao longo do fuste, a partir de seções transversais coletadas em diferentes alturas. Deste modo, este trabalho teve por objetivo fazer um estudo dendroecológico de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs, o branquilha, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial. Este fragmento encontra-se na porção centro-sul do primeiro planalto paranaense, às margens do rio Barigui. O material coletado em diferentes alturas do fuste de 56 árvores foi polido com lixas de diferentes grãos, para evidenciar os anéis de crescimento, demarcados pelo achatamento das paredes das fibras. Em cada disco, foram traçados quatro raios ortogonais e marcados os limites dos anéis de crescimento, sendo estes posteriormente medidos com auxílio de uma mesa de mensuração *Velmex*. Dois grupos de indivíduos em posições sociológicas distintas foram considerados para a análise dos dados, sendo um de dossel e outro de sub-bosque, onde foram analisados o incremento corrente em diâmetro e em altura, ponto de inversão morfológico, idades, entre outros parâmetros biométricos. A sincronia dos dados (séries) foi verificada a partir de análise gráfica e do resultado do programa computacional COFECHA. Para a padronização dessas séries e construção de uma cronologia para a área de estudo foi utilizado o programa ARSTAN, que faz a remoção das tendências biológicas de crescimento e evidencia os possíveis sinais climáticos registrados nos anéis. Os dados de crescimento foram correlacionados às variáveis ambientais de precipitação e temperatura, cedidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, para o período de 1961 a 2001 para a região de Curitiba, PR. Para melhor compreensão desta dissertação, ela contempla uma Introdução e uma Revisão Bibliográfica geral e dois capítulos. O primeiro trata das estratégias ecológicas de crescimento de *Sebastiania commersoniana* em Floresta Ombrófila Mista Aluvial e o segundo sobre Dendroecologia dessa espécie, em Floresta Ombrófila Mista Aluvial.

Palavras-chave: Ecologia Florestal. Autoecologia. Dendrocronologia. Florestas aluviais

## ABSTRACT

The maintenance need of alluvial environments, intensely anthropized and fragilized, implies that knowledge of the ecological strategies on growth of the tree species that compose these environments becomes an urgent issue that aims their conservation. Dendroecological and dendrochronological studies allow us to understand these relationships, by using the information recorded in the annual tree rings formed in a number of plant species. There are several endogenous and exogenous factors that jointly acting in the growth behavior of these tree species. The result of this interaction factors is reflected in the tree ring width presented for a given year. Furthermore, the search for a favorable sociological position in the forest structure can be verified along the stem, from cross wood sections collected at different heights. This study aimed to carry out a dendroecological study of *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs tree species, commonly known as “branquilho”, in a remnant of Alluvial Mixed Ombrophyllous Forest on the Barigui riverbank in Araucaria (Curitiba Metropolitan Region) in the South-central portion of the first plateau in Parana. The wood discs collected in different stem heights of 56 trees was previously polished with different grains sandpaper aiming to allow the macroscopic tree rings analyses, which boundaries are defined by thickening and radial flattening of the fiber walls. On each wood disc, four orthogonal radii were plotted and the growth rings boundaries were marked. The widths of growth rings were measured by using a Velmex measuring system. All individuals considered in this study were classified in function of their distinct sociological positions for the data analysis as, (i) canopy and (ii) understory trees. The current increase in diameter and height increment, morphological point of inversion, age determination, and other biometric parameters were analyzed. The timing of the data (time series) was verified from the results and graphical analysis of the COFECHA software. To standardize these time series aiming to establish a chronological series for the study area was used ARSTAN program, which makes the removal of biological growth trends and highlights the possible climatic signals recorded in the tree rings. The growth data were correlated to environmental variables for the region of Curitiba Metropolitan region (e.g. temperature and precipitation), comprising the period from 1961 to 2001. For better understanding of the dissertation structure, including an Introduction, a Bibliographic Review and two Chapters. The first deals with the ecological growth strategies of *Sebastiania commersoniana* trees species and the second one focusing on Dendroecology of this species that naturally occur in Alluvial Mixed Ombrophyllous Forest.

Keywords: Forest Ecology. Autoecology. Dendrochronology. Alluvial forests

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

FIGURA 1	Mapa de localização da área de estudo em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, na planície do rio Barigui, Araucária - PR	35
FIGURA 2	Climatograma mensal de precipitação e temperatura para o período de 1961 a 2001, para a região de Curitiba, distante aproximadamente 20 km da área de estudo	36
FIGURA 3	Mapa das bacias hidrográficas do rio Barigui e alto-Iguaçu, com destaque para a bacia de drenagem do rio Barigui, e para a área de estudo	38
FIGURA 4	Perfil esquemático de um trecho representativo da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, onde: 1: <i>Myrrhinium atropurpureum</i> ; 2: <i>Sebastiania commersoniana</i> ; 3: <i>Myrciaria tenella</i> 4: <i>Blepharocalyx salicifolius</i> ; 5: <i>Campomanesia xanthocarpa</i> ; 6: <i>Vitex megapotamica</i> ; 7: <i>Dalbergia frutescens</i> ; 8: <i>Allophylus edulis</i> ; 9: <i>Schinus terebinthifolius</i> ; 10: <i>Machaerium brasiliensis</i> ; 11: <i>Calypttranthes concinna</i> ; 12: <i>Guettarda uruguensis</i> ; 13: <i>Scutia buxifolia</i> ; m: morta.	39
FIGURA 5	Distribuição espacial das espécies arbóreas inventariadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, na planície do rio Barigui, Araucária-PR	41
FIGURA 6	Distribuição espacial e posição sociológica dos indivíduos de <i>S. commersoniana</i> amostrados em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, na planície do rio Barigui, Araucária - PR	44
FIGURA 7	Número de indivíduos por idade determinada nas duas posições sociológicas analisadas de <i>Sebastiania commersoniana</i>	45
FIGURA 8	Distribuição diamétrica dos indivíduos amostrados de <i>S. commersoniana</i> agrupados em classes	46
FIGURA 9	Regressão linear entre idade e diâmetro à altura do peito (DAP) para os indivíduos de dossel e sub-bosque de <i>Sebastiania commersoniana</i>	46
FIGURA 10	Análise de Coordenadas Principais para incremento corrente anual (ICA) em diâmetro (DAP), dos indivíduos de <i>Sebastiania commersoniana</i> de dossel e sub-bosque	48
FIGURA 11	Ajustes da idade das árvores de <i>Sebastiania commersoniana</i> de dossel em função da altura da coleta das amostras	53
FIGURA 12	Ajustes da idade das árvores de <i>Sebastiania commersoniana</i> de sub-bosque em função da altura da coleta das amostras.	53
FIGURA 13	Crescimento acumulado em diâmetro para as árvores de <i>Sebastiania commersoniana</i> de dossel	55
FIGURA 14	Crescimento acumulado em diâmetro para as árvores de <i>Sebastiania commersoniana</i> de sub-bosque	56

## CAPÍTULO II

FIGURA 1	Mapa de localização da área de estudo em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, na planície do rio Barigui, Araucária - PR	69
FIGURA 2	Climatograma mensal de precipitação e temperatura para o período de 1961 a 2001, para a região de Curitiba, distante aproximadamente 20 km da área de estudo	70
FIGURA 3	Formações geológicas na área de estudo e regiões adjacentes ao Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, na planície do rio Barigui, Araucária - PR	71
FIGURA 4	Leito original e retificado do rio Barigui. Na imagem ao fundo, fotografia aérea de voo realizado em 15/07/1953, ao centro imagem de satélite de 2011, com destaque para a área de coleta do material de estudo	73
FIGURA 5	Perfil esquemático de um trecho representativo da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, onde: 1: <i>Myrrhinium atropurpureum</i> ; 2: <i>Sebastiania commersoniana</i> ; 3: <i>Myrciaria tenella</i> 4: <i>Blepharocalyx salicifolius</i> ; 5: <i>Campomanesia xanthocarpa</i> ; 6: <i>Vitex megapotamica</i> ; 7: <i>Dalbergia frutescens</i> ; 8: <i>Allophylus edulis</i> ; 9: <i>Schinus terebinthifolius</i> ; 10: <i>Machaerium brasiliensis</i> ; 11: <i>Calypttranthes concinna</i> ; 12: <i>Guettarda uruguensis</i> ; 13: <i>Scutia buxifolia</i> ; m: morta.	74
FIGURA 6	Distribuição espacial das espécies arbóreas inventariadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, na planície do rio Barigui, Araucária-PR	76
FIGURA 7	Síntese da sincronização: a) Séries cronológicas sincronizadas de <i>S. commersoniana</i> ; b) Índice de largura de anéis de crescimento para <i>S. commersoniana</i> ; c) Número de amostras utilizadas por período	80
FIGURA 8	Discos de <i>Sebastiania commersoniana</i> com indicação das dificuldades encontradas para a determinação do limite dos anéis. Presença de falsos anéis, formato irregular dos discos, e presença de fibras gelatinosas intra e inter-aneis.	81
FIGURA 9	Cronologia padronizada e cronologia média, indicando a variação das tendências biológicas de crescimento de <i>Sebastiania commersoniana</i>	84
FIGURA 10	Correlações das séries de índice de largura dos anéis de crescimento das árvores de <i>Sebastiania commersoniana</i> com a precipitação mensal acumulada. A Linha vermelha indica a significância dos dados ( $p < 0,05$ )	85
FIGURA 11	Correlações das séries de índice de largura dos anéis de crescimento das árvores de <i>Sebastiania commersoniana</i> com as médias mensais de temperatura. A Linha vermelha indica a significância dos dados ( $p < 0,05$ )	86

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

TABELA 1	Famílias, espécies e número de indivíduos amostrados em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Paraná, Brasil	43
TABELA 2	Parâmetros estatísticos considerados na avaliação das idades para amostras de dossel e sub-bosque de <i>Sebastiania commersoniana</i>	44
TABELA 3	Parâmetros estatísticos considerados na avaliação dos diâmetros para amostras de dossel e sub-bosque de <i>Sebastiania commersoniana</i>	47
TABELA 4	Parâmetros estatísticos considerados na avaliação das alturas para amostras de dossel e sub-bosque de <i>Sebastiania commersoniana</i>	50
TABELA 5	Parâmetros estatísticos considerados na avaliação do ano de maior crescimento em altura para amostras de dossel e sub-bosque de <i>Sebastiania commersoniana</i>	51
TABELA 6	Parâmetros estatísticos considerados na avaliação do PIM para amostras de dossel e de sub-bosque de <i>Sebastiania commersoniana</i>	52
TABELA 7	Incremento médio anual em altura (m/ano) para as árvores de dossel e sub-bosque nos primeiros anos de crescimento, com valores mínimos (Mín), médios (Méd), máximos (Máx), coeficiente de variação (CV%) e a diferença média entre dossel e sub-bosque ( $\neq$ Méd)	56

### CAPÍTULO II

TABELA 1	Parâmetros considerados e resultados obtidos na avaliação da sincronia dos dados entre as árvores de <i>Sebastiania commersoniana</i> , com uso do programa COFECHA	79
TABELA 2	Relação de intercorrelações obtidas em estudos dendrocronológicos conduzidos em diferentes unidades fitogeográficas do Brasil	82

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	16
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	18
FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL	18
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm. & Downs (EUPHORBIACEAE)	20
DENDROECOLOGIA	22
REFERÊNCIAS	25
<b>CAPÍTULO I</b>	31
<b>ESTRATÉGIAS ECOLÓGICAS DE CRESCIMENTO DE <i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm. &amp; Downs EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL</b>	31
RESUMO	31
ABSTRACT	31
INTRODUÇÃO	33
MATERIAL E MÉTODOS	35
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	35
Localização e clima	35
Geologia e Geomorfologia	36
Solos	37
Hidrografia	38
Vegetação	39
COLETA DO MATERIAL E ANÁLISE DOS DADOS	40
ANÁLISE ESTATÍSTICA	42
RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
<b>CAPÍTULO II</b>	64
<b>ANÁLISE DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DE <i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm. &amp; Downs, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL</b>	64

RESUMO	64
ABSTRACT	64
INTRODUÇÃO	66
MATERIAL E MÉTODOS	68
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	68
Localização e clima	68
Geologia e Geomorfologia	70
Solos	71
Hidrografia	72
Vegetação	72
COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	75
ANÁLISE DOS DADOS	76
RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
CONCLUSÕES	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

## INTRODUÇÃO

*“O combustível usado nos vapores do Iguaçu era a lenha, cortada nas margens do rio e constituída na sua maioria pelo branquilha, abundante naquelas várzeas”.*

Avir Reisingberg

90 anos de navegação a vapor do rio Iguaçu e Negro

No final do século XIX, quando o potencial hidroviário do rio Iguaçu começou a ser explorado, o escoamento da produção de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) e de madeiras nobres, energia motriz da economia paranaense, se fez prioritariamente através de barcos a vapor movidos à lenha, essencialmente, de *Sebastiania commersoniana*, o branquilha, oriundo das planícies aluviais desse rio, outrora chamadas de várzeas.

Se no passado as planícies aluviais da Floresta Ombrófila Mista foram exploradas para fornecer energia aos vapores e, posteriormente, abandonadas pela escassez de madeira, atualmente, o que se percebe, após um breve período de tregua, é a remoção desta vegetação para a ocupação desordenada desses ambientes e o avanço da fronteira agrícola sobre eles, de maneira irresponsável e injustificada.

As florestas aluviais são áreas de elevada importância para a manutenção e qualidade da água dos rios por elas margeados. São reguladoras do regime hídrico de suas bacias, além de abrigarem fauna e flora específicas a essas condições. São ambientes de alta dinâmica, sujeitos a inundações periódicas ou sazonais que aportam sedimentos e nutrientes das mais variadas formas, que limitam e selecionam as espécies predominantes nestas áreas.

Tanto o branquilha como as demais espécies que compõem esta formação florestal apresentam plasticidade suficiente para ocuparem áreas recém formadas pela deposição de sedimentos em curvas de agradação de um rio, bem como atuarem na recuperação ambiental de planícies de inundação.

Não bastassem os esforços e as estratégias ecológicas que boa parte das espécies vegetais apresentam para garantir sua sobrevivência nestes ambientes, algumas delas registram sua trajetória de crescimento durante seu ciclo de vida

através de anéis de crescimento formados anualmente. Esses anéis, compostos por porções de lenho inicial (primaveril) e tardio (outonal), funcionam como arquivos históricos das condições de crescimento de uma espécie e suas interações com o meio, dando indicativos do comportamento do clima, dos distúrbios e/ou intervenções ocorridas na área, bem como a reação de cada indivíduo a essas alterações ou estímulos.

A necessidade de estudos que permitam a compreensão do comportamento de um indivíduo ou de uma população, em função do meio em que se desenvolvem, é justificada na preocupação em recuperar e preservar essas florestas, visando torná-las menos fragilizadas, uma vez que se poderão conhecer os processos em que estão envolvidas e quais as melhores ações práticas de conservação.

A análise dos anéis de crescimento de *S. commersoniana*, espécie de maior importância e ocorrência nas florestas aluviais, especialmente, do Sul do Brasil, objetiva fornecer elementos que permitam caracterizar a dinâmica do seu crescimento, a partir de aspectos bióticos e abióticos, e reconstruir o padrão e o ritmo de crescimento ao longo da vida da árvore, evidenciando-se, eventuais interferências naturais e antrópicas.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL

De uma cobertura florestal que, segundo Maack (1981), ocupou originalmente próximo de 83% do território paranaense, poucos fragmentos restaram das diferentes unidades fitoecológicas. O autor faz a ponderação de que com o distanciamento de 38 anos, não reconhecia mais diversos lugares por onde andou por volta de 1930, tamanha a devastação pela qual o estado passava. Passava e ainda passa, talvez não com os mesmos objetivos, porém com o mesmo efeito deletério.

Dessas unidades fitoecológicas, a que pode ter passado por severas alterações de natureza antrópica foi a Floresta Ombrófila Mista, fato este relatado por Hueck (1972), quando indicou que 90% da madeira exportada anualmente pelo Brasil era proveniente de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), popularmente conhecida por Pinheiro-do-Paraná.

Esta unidade abriga representantes de ordens distintas, Coniferales e Laurales (LEITE, 1994; RODERJAN *et al.*, 2002), e distribui-se, atualmente, nos estados do Sul do Brasil, com ocorrências isoladas nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo. Também adentra uma pequena porção dos países vizinhos, a Argentina (HUECK, 1972) e o Paraguai, com evidências fósseis de que também esteve no nordeste brasileiro (para-araucaria) (IBGE, 1992). Ocorre principalmente de 800 a 1200 m s.n.m. (IBGE, 1992; RODERJAN *et al.*, 2002), com limite inferior de 500 m s.n.m (HUECK, 1972; MAACK, 1981), e na forma de pequenas disjunções abaixo desta altitude em corredores de escoamento de ar frio (MAACK, 1981; IBGE, 1992).

A partir de diferentes parâmetros (e.g.: gradiente altitudinal, composição florística, geomorfia, classes de solos etc.), a Floresta Ombrófila Mista pode ser subdividida, segundo IBGE (1992), em: (i) Aluvial, em planícies de inundação; (ii) Submontana, de 50 até mais ou menos 400 m de altitude; (iii) Montana, de 400 até mais ou menos 1000 m de altitude; (iv) Alto-montana, quando situadas a mais de 1000 m de altitude.

A Floresta Ombrófila Mista Aluvial, fitofisionomia de interesse deste estudo, é uma formação ribeirinha (RODRIGUES, 2009), que ocupa terrenos aluvionares (MAACK, 2001; IBGE, 1992; RODRIGUES, 2009; RODERJAN, 2002), situados adjacentes aos flúvios das serras costeiras ou dos planaltos, sempre às superfícies marginais aos cursos permanentes d'água, em terrenos planos a suave-ondulados, com diferentes graus de desenvolvimento.

É uma formação caracterizada por um pequeno número de espécies seletivas, adaptadas a se desenvolver em solos frequentemente hidromórficos e sujeitos a pulsos de inundação recorrentes (KLEIN, 1984), responsáveis pela deposição de sedimentos e pelo aporte de nutrientes na floresta. A recorrência destes eventos, bem como a sua duração e intensidade são, em boa parte, responsáveis pelos processos sucessionais nestes ambientes (DOUGLAS, 2000). Schnitzler (1997) alertou para o fato de que a água como fator preponderante pode servir como fonte de recursos, entretanto, pode provocar danos consideráveis à vegetação, seja pelo soterramento da serapilheira, do banco de sementes e de plântulas ou por criar um ambiente temporariamente anóxico ou hipóxico.

Segundo Leite (1994), a Floresta Ombrófila Mista Aluvial ocorre geralmente associada a uma drenagem insuficiente das planícies de inundação, influenciada pelos grandes volumes de água característicos das regiões ombrófilas. Essas planícies apresentam dois tipos fundamentais de ambientes: os menos hidromórficos, com solo mais desenvolvidos, provido de cobertura florestal, e os ambientes pedologicamente instáveis, onde o excesso de água é praticamente constante, colonizados por formações pioneiras.

Essa cobertura florestal é formada por comunidades simplificadas, que ocupam principalmente Neossolos flúvicos e Gleissolos, onde *Sebastiania commersoniana* (branquilha) é predominante, sugerindo uma paisagem homogênea (KLEIN; HATSCHBACH, 1962). Já as mais complexas são evidenciadas pela ocorrência no estrato emergente de *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná) (IBGE, 1992; LEITE, 1994; RODERJAN *et al.*, 2002). Além disso, são frequentemente encontradas no dossel dessa formação *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk. (Sapindaceae), *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg (Myrtaceae) e *Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke (Verbenaceae), sendo menos frequentes *Luehea divaricata* Mart. (Malvaceae), *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman

(Arecaceae), *Erithryna crista-galli* L. (Fabaceae) e *Salix humboldtiana* Wild. (Salicaceae). Nos estratos inferiores destacam-se *Myrciaria tenella* (DC.) O. Berg, *Myrceugenia euosma* (O. Berg) D. Legrand, *Calyptranthes concinna* DC. (Myrtaceae), *Daphnopsis racemosa* Griseb. (Thymelaeaceae) e *Psychotria carthagenensis* Jacq. (Rubiaceae) (RODERJAN *et al.*, 2002).

Klein e Hatschbach (1962) chamavam atenção para a presença de *Luehea divaricata* e *Syagrus romanzoffiana*, surgindo do estrato homogêneo formado pelo branquilha, ao longo das florestas às margens do rio Iguaçu, fazendo a ressalva de que a ocorrência de *Vitex megapotamica* e *Sebastiania brasiliensis* estaria condicionada a ambientes não-hidromórficos.

A reunião de parâmetros bióticos e abióticos assegura a esta unidade fitoecológica uma diversidade de espécies importante, mesmo que considerada por diversos autores como pequena, tanto para a dinâmica vegetal quanto para a dinâmica hidrológica do rio que a margeia.

#### *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs (EUPHORBIACEAE)

É uma arvoreta de 10 a 15 metros de altura e 20 a 30 cm de diâmetro, que carrega em seu nome a homenagem ao botânico francês que a coletou em 1767, próximo ao Rio de Janeiro, Philibert Commerson (REITZ *et al.*, 1983).

Popularmente conhecida como branquilha, *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L. B. Smith & R. J. Downs possui ao menos sete sinônimas botânicas desde sua descrição em 1841. A espécie pertence ao clado Eurosídeas I, ordem Malpighiales, família Euphorbiaceae, e juntamente com *Croton* sp. *Sapium* sp. e *Actinostemon* sp., são muito comuns nas florestas brasileiras, ocorrendo em praticamente todos os ecossistemas (SOUZA e LORENZI, 2005).

*Sebastiania commersoniana* tem ocorrência natural desde Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, podendo ser encontrada também no Uruguai, Argentina e leste do Paraguai (CARVALHO, 2003). É comum entre as latitudes de 19°45' S e 35° S e em altitudes de 5 m a 1200 m s.n.m. e contempla regiões de climas temperado úmido (Cfb), subtropical úmido (Cfa), subtropical de altitude (Cwa e Cwb) e tropical (Aw), desde que em regiões com certa hidromorfia. Assim, é encontrada em várias

regiões fitoecológicas além da Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual Aluvial e Submontana, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Densa, Estepe Arborizada, planalto sul-rio-grandense e Formação Pioneira Marinha (CARVALHO, 2003).

Geralmente de porte médio, decídua a semidecídua, heliófila, tipicamente pioneira (REITZ *et al.*, 1983), seletiva higrófila (SMITH *et al.*, 1988), suas folhas são simples, de verde-claras a discoloradas e, em sua maioria, de forma elíptico-lanceoladas, e com disposição alterna espiralada (REITZ *et al.*, 1983; SMITH *et al.*, 1988; CARVALHO, 2003). Essas folhas caem a partir do outono se estendendo durante o inverno, deixando a paisagem das planícies onde é dominante com tonalidades acinzentadas, contrastando com a característica copa alongada ou arredondada de folhagem densa (REITZ *et al.*, 1983; BARDDAL *et al.*, 2004).

A espécie apresenta flores muito pequenas, apétalas, pouco aparentes, de cor verde-amarelada reunidas em espigas terminais que começam a surgir no mês de agosto, assim como as folhas novas e estende-se até fevereiro (REITZ *et al.*, 1983; CARVALHO, 2003). Os frutos são cápsulas esféricas tricocas seco-lenhosas com deiscência loculicida e a liberação das sementes ocorrem de modo explosivo (dispersão balística) entre dezembro e janeiro. São dispersas por autocoria, barocoria, hidrocória e zoocoria. As suas sementes são pequenas e apresentam coloração marrom escura e outras tonalidades rajadas; não apresentam dormência e suportam bem o armazenamento, por mais de um ano (CARVALHO, 2003).

O tronco é geralmente tortuoso e irregular, com casca externa quase lisa de cor cinza-escura, com escamas muito pequenas e retangulares (parecendo formar leves fissuras), que se desprendem em placas; com ramificação racemosa quase horizontal (REITZ *et al.*, 1983; SMITH *et al.*, 1988; CARVALHO, 2003). Já a casca interna é fina, marrom e com filamentos distintos e podendo exsudar látex branco-amarelado, quase que imperceptível (SMITH *et al.*, 1988; CARVALHO, 2003).

A madeira tem alburno amarelado a esbranquiçado, com cerne pouco diferenciado, pouco durável quando exposta às intempéries, porém apresenta densidade da madeira moderada (0,63 a 0,77 g.cm<sup>-3</sup>) (REITZ *et al.*, 1983; CARVALHO, 2003). A lenha e o carvão possuem alto poder calorífico, o que ratifica seu registro de uso na alimentação de barcos a vapor no estado do Paraná (REISEMBERG, 1973).

O lenho de *S. commersoniana* tem porosidade difusa, vasos numerosos, múltiplos ou solitários, em arranjo radial; em alguns casos os elementos de vaso são preenchidos por gomas e tiloses; placas de perfuração simples e pontuações intervasculares alternas; parênquima axial indistinto a olho nu, apotraqueal, difuso em agregado, às vezes formando pequenas faixas tangenciais contíguas. Os raios heterogêneos, unisseriados, apresentam células perfuradas. A espécie possui fibras libriformes curtas, de paredes delgadas a espessas, podendo apresentar frequentemente fibras gelatinosas preenchendo o lume, dispersas no lenho ou formando faixas. As camadas de crescimento são distintas a pouco distintas, com a presença de falsos anéis eventuais. Os verdadeiros anéis são demarcados pelo achatamento das paredes das fibras. (RODRIGUES, 2005; COSMO, 2008; COSMO *et al.*, 2010).

Diversos trabalhos demonstram a importância de *S. commersoniana* em ambientes aluviais (BARDDAL, 2002; RODERJAN *et al.*, 2002; BARDDAL *et al.*, 2004; PASDIORA, 2003; SOCHER, 2004; SILVA *et al.*, 2007; CURCIO *et al.*, 2007; CARVALHO *et al.*, 2009; GRAF NETO, 2011). Entretanto, desvendar as informações contidas nos anéis de crescimento é fundamental para o desenvolvimento de pesquisas a partir das informações apresentadas nos levantamentos fitossociológicos, e assim compreender de maneira mais individualizada a integração entre a planta e o ambiente em que esta ocorre.

## DENDROECOLOGIA

Um parâmetro comum e fundamental tanto para espécies do hemisfério Norte quanto do hemisfério Sul, em um estudo dendrocronológico ou ecológico, é a presença e distinção dos seus anéis de crescimento. Apesar de óbvia, a informação não é completa, uma vez que a presença de anéis de crescimento deve estar atrelada a periodicidade com que são formados.

Na Grécia antiga estão os primeiros relatos da existência dos anéis de crescimento, que mais tarde foram reconhecidos por Leonardo da Vinci (século XVI) como uma variação, em função de sua espessura, de anos mais ou menos secos (CORONA, 1986).

Um anel de crescimento distingue-se normalmente em duas partes, lenho inicial ou primaveril e lenho tardio, outonal ou estival, por diferenças nas propriedades físicas dos elementos do xilema produzidos durante o ciclo de crescimento (BROWN, 1974), em função de uma variação no lenho, previsto no câmbio (TURNER, 2004). O lenho inicial corresponde ao crescimento da árvore no início do período vegetativo, normalmente para as espécies vegetais do hemisfério Sul, na primavera, quando as plantas retomam a atividade cambial após um período de dormência, formando células de paredes delgadas, lumes grandes e de coloração mais clara. Com a aproximação do fim do período vegetativo, normalmente no outono, o câmbio diminui sua atividade e, em consequência, as paredes celulares tornam-se gradualmente mais espessas, com lumes menores e a tonalidade mais escura, permitindo distingui-lo do inicial ou primaveril.

Essa alternância de cores, por exemplo, evidencia os anéis de crescimento de muitas espécies, em especial das Gimnospermas. Em Angiospermas, os anéis de crescimento podem destacar-se por diferentes padrões de características anatômicas na madeira: presença de uma faixa de células parenquimáticas; alargamento tangencial dos raios; concentração ou maior calibre dos poros no lenho inicial; espessamento das paredes das fibras; presença de parênquima marginal (BURGER; RICHTER, 1991).

Inúmeros fatores ambientais, bióticos e abióticos, regulam o crescimento secundário das plantas, e são responsáveis pela variação na estrutura dos anéis de crescimento, tais como competição, posição sociológica, suprimento hídrico, fotoperíodo, radiação, temperatura, disponibilidade de nutrientes, solos, poluentes, vento, fogo etc. (SCHWEINGRUBER, 1996; LARCHER, 2004).

Se a formação dos anéis de crescimento está ligada a diferentes fatores internos e externos, é possível assumir que eles são verdadeiros arquivos históricos das condições ambientais, uma vez que as características e os elementos que os compõem (largura, densidade da madeira, densidade de vasos, composição química etc.) também variam em função do ambiente (BURGER; RICHTER, 1991; OLIVEIRA, 2007).

Assim, conhecer a idade e a resposta das plantas às alterações e condições ambientais é fundamental para interpretar os padrões temporais de variação dos anéis de crescimento e atender ao princípio fundamental dos estudos dendroecológicos, reconhecido pelo astrônomo Andrew E. Douglass como a

possibilidade de identificar padrões recorrentes ou *cross-dating* (ROBINSON *et al.*, 1992; SCHWEINGRUBER, 1996; OLIVEIRA, 2007).

A escassez de informações referentes ao clima ou o registro de intervenções naturais/antrópicas em florestas, faz da análise dos anéis de crescimento uma ferramenta de grande auxílio, em tempos em que se buscam informações sobre as mudanças climáticas.

Durante muito tempo a utilização de espécies tropicais e subtropicais em estudos dendroecológicos foi questionada (FRITTS, 1976; SCHWEINGRUBER, 1996), por se duvidar da formação anual dos anéis de crescimento, considerando que estão em uma região onde as variações climáticas são menos evidentes ou não apresentam diferenças (sazonais) tão marcantes quanto as observadas, em geral, no hemisfério Norte. Diversos são os fatores em climas tropicais e subtropicais que estimulam ou reduzem (dormência) a atividade cambial: secas ou inundações prolongadas, fotoperíodo etc. (VETER; BOTOSSO, 1989; WORBES, 1989; VILLALBA *et al.*, 1998; WORBES, 1999; OLIVEIRA, 2007; ANDREACCI, 2012).

Independentemente dos estímulos ambientais que regulam a formação dos anéis de crescimento, a dendroecologia é considerada uma excelente ferramenta para reconstrução da trajetória de crescimento das árvores e dos distúrbios ocorridos ao longo de sua vida (JIMENEZ, 2011).

No Brasil, os esforços têm se concentrado, sobretudo, em áreas de florestas tropicais (SCHÖNGART *et al.*, 2002; WORBES, 2002; DÜNISCH *et al.*, 2003; BONINSEGNA *et al.*, 2009; TOMAZELO FILHO *et al.*, 2009; JIMÉNEZ, 2011) mas aos poucos se disseminam por todas as regiões do país (SEITZ; KANNINEN, 1989; CALLADO *et al.*, 2001; RIGOZO *et al.*, 2003; OLIVEIRA, 2007; LISI *et al.*, 2008; ANDREACCI, 2012).

## REFERÊNCIAS

ANDREACCI, F. **Atividade cambial, fenologia vegetativa e ritmo de crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. em áreas de Florestas Ombrófilas Mista e Densa do estado do Paraná: aspectos dendrocronológicos e dendroecológicos.** 56 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BARDDAL, M. L. **Aspectos florísticos e fitossociológicos do componente arbóreo-arbustivo de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial - Araucária, PR.** 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Caracterização florística e fitossociológica de um trecho sazonalmente inundável de floresta aluvial, em Araucária, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 37-50, 2004.

BONINSEGNA, J. A.; ARGOLLO, J.; ARAVENA, J. C.; BARICHIVICH, J.; CHRISTIE, D.; FERRERO, M. E.; LARA, A.; LE QUESNE, C.; LUCKMAN, B. H.; MASIOKAS, M.; MORALES, M.; OLIVEIRA, J. M.; ROIG, F.; SRUR, A.; VILLALBA, R. Dendroclimatological reconstructions in South America: a review. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 281, n. 3-4, p. 210–228, ago. 2009.

BROWN, C. L. Secondary growth. In: ZIMMERMAN, M. H.; BROWN, C. L. (Ed.). **Trees: structure and function.** 2<sup>nd</sup>ed. New York: Springer-Verlag, 1974. p.67-123.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira.** São Paulo: Nobel, 1991.

CALLADO, C. H.; SILVA NETO, S. J.; SCARANO F. R.; COSTA, C. G. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic rainforest in Rio de Janeiro. **Trees**, v. 15, p. 492-497, 2001.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Colombo: Embrapa Florestas, 2003, v. 1.p.247-253.

CARVALHO, J.; MARQUES, M. C. M.; RODERJAN, C. V.; BARDDAL, M. L.; SOUZA, S. G. A. Relações entre a distribuição das espécies de diferentes estratos e as características do solo de uma floresta aluvial no estado do Paraná, Brasil. **Acta Bot. Bras.**, v. 23, n. 1, p. 1-9, 2009.

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

COSMO, N. L. **Anatomia ecológica e crescimento do lenho de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs, em diferentes condições geomorfológicas e pedológicas da planície do rio Iguaçu-PR**. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

COSMO, N. L.; KUNIYOSHI, Y. S.; BOTOSSO, P. C. Anatomia da madeira de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae): aspectos funcionais e ecológicos. **Acta Bot. Bras.**, v. 24, n. 3, p. 747-755, 2010.

CURCIO, G. R.; GALVÃO, F.; BONNET, A.; BARDDAL, M. L.; DEDECEK, R. A. A floresta fluvial em dois compartimentos do rio Iguaçu, Paraná, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 2, p. 125-147, 2007.

DOUGLAS, F. S. J.; SIMON, A.; STEFFEN, L. Reservoir effects on downstream river channel migration. **Environmental Conservation**, v. 27, n. 1, p. 54-66, 2000.

DÜNISCH, O.; MONTÓIA, V. R.; BAUCH, J. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the Central Amazon. **Trees**, Heidelberg, v. 17, n. 3, p. 244-250, 2003.

FRITTS, H. C. **Tree rings and climate**. London: Academic Press, 1976.

GRAF NETO, J. **Crescimento, recrutamento e mortalidade no período de 2001-2010 de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, município de Araucária, Paraná**. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

HUECK, K. **As Florestas da América do Sul: ecologia, composição e importância econômica**. São Paulo: Editora da Universidade de Brasília; Editora Polígono, 1972.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1992. 92p. (Manuais Técnicos em Geociências, n.1)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1992. 92p. (Manuais Técnicos em Geociências, n.1).

JIMENEZ, J. A. G. Dendrocronología en el trópico: Aplicaciones actuales y potenciales. **Colombia forestal**, v. 14, n. 1, p. 97-111, jan./jun. 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S012007392011000100009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012007392011000100009&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 03/09/2012.

KLEIN, R. M.; HATSCHBACH, G. Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica do município de Curitiba e arredores. **Boletim da Universidade Federal do Paraná - Geografia Física**, Curitiba, n.4,p. 1-30, 1962.

KLEIN, R. M. Aspectos dinâmicos da vegetação do sul do Brasil. **Sellowia**, Itajaí, v. 36, n. 36, p. 5-54, 1984.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2004.

LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitoecológicas da região Sul do Brasil – proposta de classificação**. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

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

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: Ed. Olympio, 1981.

MAACK, R. Breves Notícias Sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Braz. Arch. Biol. Technol.**, v. jubileu (1964-2001), p. 169-288, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132001000500010>>Acesso em: 20/03/2010.

OLIVEIRA, J. M. **Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze**: Bases de dendroecologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil. 139 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

PASDIORA, A. L. **Florística e fitossociologia de um trecho de floresta ripária em dois compartimentos ambientais do rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. 49 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Itajaí, H.B.R., SUDESUL, DRNR, 1983. 525p.

REISEMBERG, A. 90 anos de navegação à vapor do Rio Iguaçu e Negro. **Boletim do Instituto Histórico, Geográfico e Etnográfico Paranaense**, Curitiba, v. 18, 1973.

RIGOZO, N. R.; NORDEMANN, D. J. R.; ECHER, E.; VIEIRA, L. E. A. Search for solar periodicities in tree-ring widths from Concórdia (S.C., Brazil). **Pure and Applied Geophysics**, v.161, p. 221-233, 2004.

ROBINSON, W. J.; COOK, E.; PILCHER, J. R.; ECKSTEIN, D.; KAIRIUSKSTIS, L.; SHIYATOV, S.; NORTON D. A. Some historical background in dendrochronology. In COOK, E.; KAIRIUSKSTIS, L. A. (Ed.). **Methods of Dendrochronology: applications in the environmental sciences**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1992. p. 1–22.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACK, G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, p. 75-92, jan./jun. 2002.

RODRIGUES, T. T. **Os efeitos do solo contaminado com petróleo na estrutura anatômica e estado nutricional do lenho jovem de *Campomanesia xanthocarpa* Berg (Myrtaceae) e *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae)**. 154 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

RODRIGUES, R. R. Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo/FAPESP, 2009. p. 45-71.

SCHNITZLER, A. River Dynamics as a forest process: interaction between fluvial systems and alluvial forests in large european river plains. **The Botanical Review**, v. 63, n. 1, p. 40-64, 1997.

SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M. T. F.; LUDWIGSHAUSEN, S.; HORNA, V.; WORBES, M. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**, n. 18, p. 581-597, 2002.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree-rings and environment dendroecology**. Vienna: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt, 1996. 609 p.

SEITZ, R. A.; KANNINEN, M. Tree ring analysis of *Araucaria angustifolia* in southern Brazil: Preliminary results. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n. 2, p. 170-174, 1989.

SILVA, A. C.; VAN DEN BERG, E.; HIGUCHI, P.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; Comparação florística de florestas inundáveis das regiões Sudeste e Sul do Brasil. **Rev. Bras. Bot.**, v. 30, n. 2, p. 257-269, abr-jun. 2007.

SMITH, L. B.; DOWNS, R. J.; KLEIN, R. M. Euphorbiaceae. In: REITZ, R. (Ed.). **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: HBR, 1988. p. 1-408.

SOCHER, L. G. **Dinâmica e biomassa aérea de um trecho de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária, Paraná**. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SOUZA, V. C.; LORENZI H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APGII**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005.

TOMAZELLO FILHO, M.; ROIG, F. A.; ZEVALLOS POLLITO, P. A. Dendrocronología y dendroecología tropical: marco histórico y experiencias exitosas em los países de América Latina. **Ecología en Bolivia**, La Paz, v. 44, n. 2, p. 73-82, out. 2009.

TURNER, I. M. **The ecology of trees in the tropical rainforest**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2004. 298p.

VETTER, R. E.; BOTOSSO, P. C. Remarks on age and growth rate determination of Amazonian trees. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n. 2, p. 133-145, 1989.

VILLALBA, R.; GRAU, H. R.; BONINSEGNA, J. A.; JACOBY, G. C.; RIPALTA, A. Tree-ring evidence for long-term precipitation changes in subtropical South America. **International Journal of Climatology**, Chichester, v. 18, n. 1, p. 1463–1478, 1998.

WORBES, M. Growth rings, increment and age of trees in inundation forests, savannas and a mountain forest in the neotropics. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n. 1, p. 109-122, 1989.

WORBES, M. Annual growth rings, rainfall - dependent growth and longterm growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. **Journal of Ecology**, London, v. 87, n. 3, p. 391 -403, 1999.

WORBES, M. One hundred years of tree-ring research in the tropics - a brief history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, München, v. 20 v. 1-2, p. 217-231, 2002.

## CAPÍTULO I

### **ESTRATÉGIAS ECOLÓGICAS DE CRESCIMENTO DE *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL**

#### RESUMO

Parte da dinâmica florestal dos ambientes aluviais pode ser compreendida através da análise dos anéis de crescimento formados pelas espécies que ocupam estas áreas, bem como as estratégias ecológicas de desenvolvimento e crescimento que são utilizadas por essas plantas. Pressupõe-se que o comportamento ecológico de espécies arbóreas que ocupam diferentes posições no estrato florestal, seja distinto, considerando as oportunidades e limitações presentes quando do recrutamento de cada indivíduo. Assim, buscou-se nesta pesquisa indicar as possíveis particularidades no crescimento em diâmetro e altura de 56 árvores de branquilha, a partir de discos coletados a diferentes alturas (0,10 m; 1,30 m; 2,00 m e a cada 2 m até o ponto de inversão morfológico) e de duas posições sociológicas, dossel e sub-bosque. Os anéis de crescimento foram marcados com auxílio de um microscópio estereoscópico, medidos em uma mesa de mensuração e posteriormente analisados em função da posição sociológica e da altura de coleta; a estimativa da altura dos anéis de crescimento foi feita pelo método trigonométrico. De modo geral, os indivíduos de dossel possuem faixa etária superior aos de sub-bosque; árvores de dossel investem mais no crescimento diamétrico que em altura, ao contrário do apresentado pelas árvores de sub-bosque; as árvores de ambas as posições apresentam características de crescimento distintas, podendo ser identificados dois grupos em função da análise dos incrementos correntes, por meio de Análise de Coordenadas Principais; e, aparentemente, existe uma relação entre o período de maior crescimento em altura e a maturidade reprodutiva dos indivíduos de branquilha.

Palavras-chave: Autoecologia. Posição sociológica. Incremento em altura e diâmetro.

#### ABSTRACT

Part of the forest dynamics of alluvial environments can be understood by analyzing the annual tree rings formed by the tree species naturally occurring in these areas and the ecological growth strategies of development that are used by these plants. It

is assumed that the environmental performances of the tree species occupying different positions in the forest structure are different, considering the opportunities and constraints present when the recruitment of each tree as well as throughout its lifecycle. Thus, this section aimed indicate the possible peculiarities at the height and diameter growth of 56 *Sebastiania commersoniana* trees from wood discs collected at different trunk heights (0.10 m, 1.30 m, 2.00 m and then at each 2 m until morphological inversion point) and two sociological positions, canopy and understory. The tree rings boundaries were marked with the aid of a stereoscopic microscope, measured on a Velmex measuring system and subsequently analyzed considering their sociological position in the forest and height of wood collection. Height estimation of growth rings was made by the trigonometric method. Results obtained showed that canopy individuals present upper age than understory trees. Canopy trees invest more in diameter trunk than in height increment, contrarily to the results presented by understory trees. Individuals from the both forest positions exhibit distinct growth characteristics and allow to identify two groups according to the analysis of the current increment through of Principal Coordinate Analysis. Apparently, there is a relationship between the period of increased height growth and reproductive maturity of *Sebastiania commersoniana* trees

Keywords: Autoecology. Sociological position. Height and diameter increment.

## INTRODUÇÃO

A história de vida de cada indivíduo é o que determina a precocidade ou atraso com que os eventos endógenos ocorrem. E muito disso se deve à interação com as condições ambientais em que cada indivíduo se encontra. Uma característica pode se expressar de diferentes modos e períodos (mudanças evolutivas) (BEGON *et al.*, 2007), em resposta a um estímulo ambiental.

Essa resposta ou adaptação às condições ambientais, plasticidade, que confere às espécies a possibilidade de ocuparem diversas áreas, com características biométricas distintas, é também resultante do estrato que ocupam na floresta (sub-bosque, dossel ou emergentes), da maturidade reprodutiva (TURNER, 2004), e das oportunidades lumínicas ao longo de seu ciclo biológico.

O padrão de crescimento apresentado na trajetória de vida de uma planta, em diâmetro e altura, por exemplo, não é um processo que ocorre de maneira linear (BROWN, 1974), pois o crescimento apical é função do meristema primário e o transversal do meristema secundário.

Durante o crescimento secundário, as expressões desses padrões podem ficar registradas e nos darem ideia da interação das características genotípicas e fenotípicas da espécie. No caso de espécies lenhosas, o registro se dá nas camadas de crescimento, formadas pela atividade do câmbio, reconhecidas como anéis de crescimento (FRITTS, 1976; BROWN, 1974).

Esses anéis, desde que formados com periodicidade conhecida, auxiliam na compreensão da complexa cadeia de processos envolvidos no desenvolvimento das plantas, que se dá de maneira alternada, entre o estado de atividade e de dormência do câmbio (LARCHER, 2004), evidentes em algumas espécies e indistinto em outras (FRITTS, 1976). Quando indistintos, não permitem a determinação da idade de cada indivíduo, tampouco dos processos descritos.

Se dentro de um período vegetativo as espécies vegetais, sejam elas arbóreas ou não, procuram alocar e otimizar os seus recursos, quando se pensa no ciclo de vida de uma planta, a lógica é similar. Ora crescem em altura, ora em diâmetro, ora se reproduzem, com evidências de que estes processos ocorram em períodos diferentes, ainda que sobrepostos, como estratégia de sobrevivência em um sistema complexo e competitivo.

Nos ambientes sujeitos à influência dinâmica de um rio, o desafio das plantas para se estabelecerem e permanecerem competitivas nesses locais parece ser muito maior do que em outras condições, bem como as espécies que compõem a flora destas áreas é diferenciada e seletiva.

As planícies de inundação dos rios nas florestas subtropicais do Brasil, em especial as de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, são densamente ocupadas por *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B. Sm. & Downs (Euphorbiaceae), branquilha, que forma um estrato contínuo na paisagem (RODERJAN *et al.*, 2002). Paisagem esta fortemente antropizada, no passado pela remoção de madeira para energia de barcos a vapor (principalmente no Rio Iguaçu) e atualmente pelo crescimento desordenado das áreas urbanas, pela expansão da agricultura e áreas de pastagens.

Deste modo, objetivou-se investigar as estratégias ecológicas de crescimento tomadas pelo branquilha, pressupondo que a espécie apresente comportamentos distintos em função da posição sociológica que ocupe no estrato florestal. A análise dessas estratégias foi possível, pois a espécie apresenta características anatômicas favoráveis à datação, plasticidade para colonizar ambientes diversos e é a espécie que melhor representa estrutural e ecologicamente a Floresta Ombrófila Mista Aluvial.

## MATERIAL E MÉTODOS

### CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### Localização e clima

Sob o primeiro planalto paranaense, em sua porção meridional, está localizado o município de Araucária, que integra a Região Metropolitana de Curitiba (RMC), e dista cerca de 20 km ao sul da capital do Paraná, com altitude média de 920 m.s.n.m.

Inserida neste município, a área de estudo localiza-se em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, próximo às coordenadas 25°34'02,5" S e 49°20'53,5" W, em uma propriedade da Refinaria Presidente Getúlio Vargas – Petróleo Brasileiro S.A. – PETROBRAS (FIGURA 1).

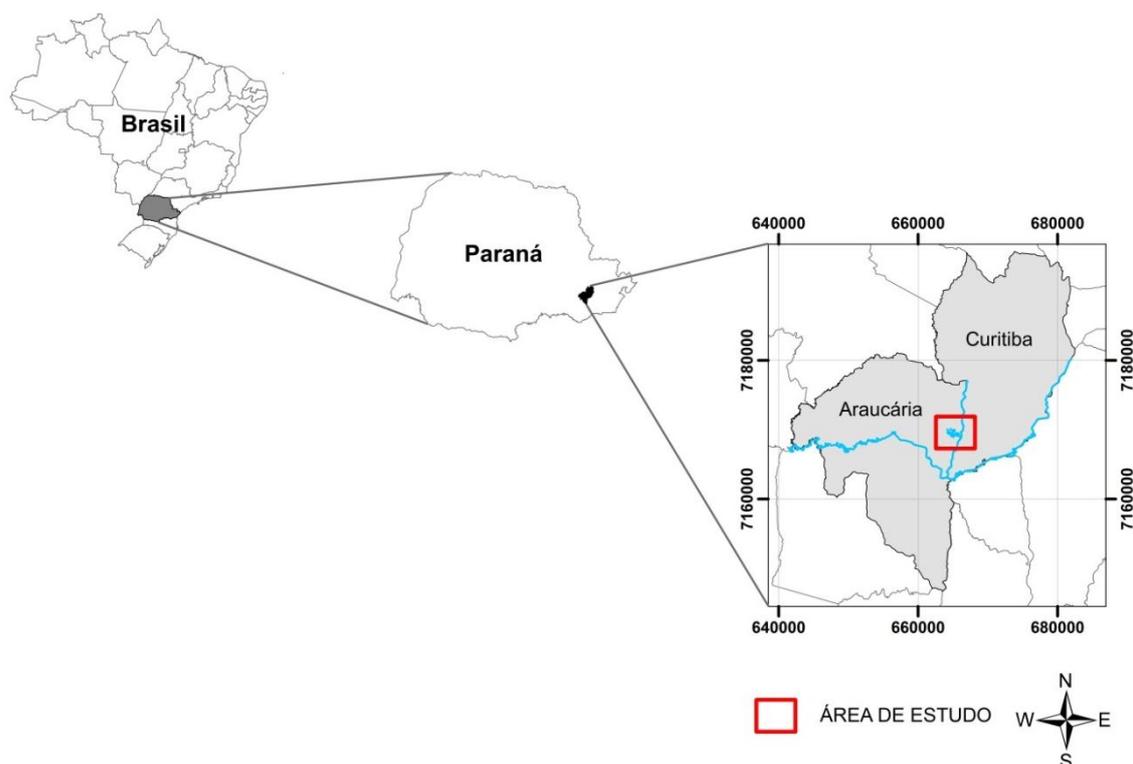


FIGURA 1 - Mapa de localização da área de estudo em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, na planície do rio Barigui, Araucária - PR

O clima regional, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo Cfb - temperado, com verões frescos, geadas frequentes, sem estação seca definida.

A partir de dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que contemplam o período de 1961 a 2001, para a região de Curitiba, PR, foi construído o climatograma apresentado na FIGURA 2. Com esses dados foi possível identificar os meses de maiores precipitações e a variação térmica mensal.

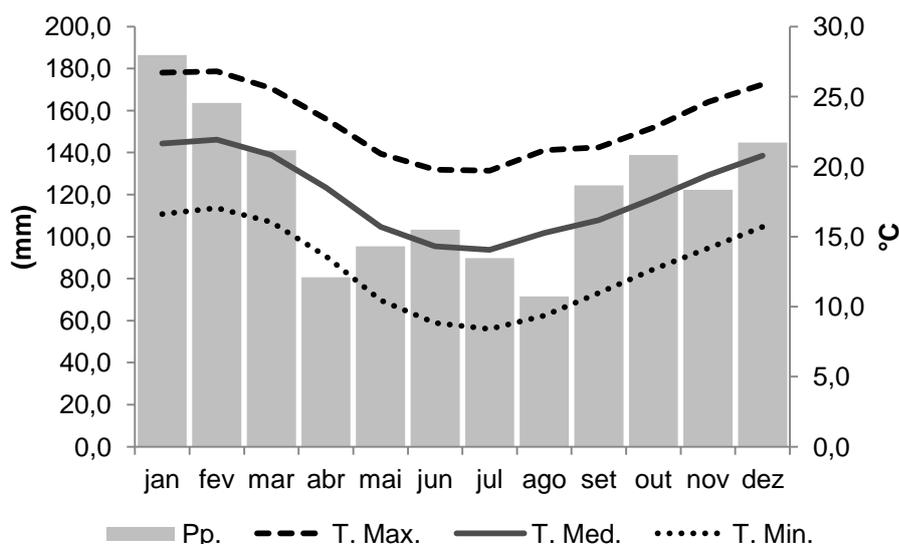


FIGURA 2 - Climatograma mensal de precipitação e temperatura para o período de 1961 a 2001, para a região de Curitiba, distante aproximadamente 20 km da área de estudo  
 FONTE: INMET, modificado pelo autor (2013)

Na região, a precipitação média anual é de aproximadamente 1460 mm, com valores anuais podendo ser menores que 600 mm (1985) e maiores que 2000 mm (1998). Os meses de maior precipitação coincidem com a estação do verão, bem como os meses mais secos com a de inverno. A temperatura média máxima para os meses mais quentes é de 25,4°C e a média mínima para os meses mais frios de 10,3°C.

## Geologia e Geomorfologia

O primeiro planalto paranaense entre a Serra do Mar e a Escarpa Devoniana (sentido leste - oeste), em uma extensão aproximada de 75 km, apresenta altitude,

considerada por Maack (1981; 2001) notavelmente uniforme, formando uma paisagem suave ondulada, variando entre 850 a 950 m s.n.m.

Grande parte da porção centro sul do primeiro planalto, que compreende a área deste estudo, está inserida na bacia sedimentar de Curitiba. Esta bacia, segundo Bigarella *et al.* (1961), foi preenchida com duas formações sedimentares resultantes de duas fases distintas de deposição, sendo a mais antiga constituída por argilitos e arcósios (Formação Guabirota); e a mais recente compreende os depósitos das planícies de inundação (aluviais) e baixos terraços que margeiam as várzeas holocênicas (formadas recentemente). Informações recentes dão conta de que a Formação Guabirota é formada por depósitos cineríticos, originados de atividade vulcânica no final do Mesozóico (LOPES; CHODUR, 1999).

Na fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial e regiões limítrofes, o complexo Gnáissico Migmatítico faz o embasamento da área (CURCIO, 2006), sobreposto pela formação Guabirota e pelos Sedimentos Recentes.

## Solos

O fragmento florestal está em uma planície aluvial no reverso do dique marginal do rio Barigui, sendo o solo de origem alúvio-coluvionar, formado por sedimentos de fina granulometria, e classificado como Gleissolo (BARDDAL, 2002).

Esta classe é formada por solos hidromórficos, mal ou muito mal drenados, submetidos à saturação hídrica permanente ou sazonal por ascensão do freático ou por transbordamento do rio em períodos de cheias. Possuem, normalmente, grande quantidade de argila e sua consistência é muito dura quando secos e muito plástica e pegajosa quando molhados, sendo pouco porosos e de baixa condutividade hídrica (EMBRAPA, 2006).

Essas características resultam na reduzida permeabilidade do solo, que, por sua vez, pode apresentar acúmulo de água na superfície, evidenciando, em alguns casos, leito abandonado em trechos de padrão meandrante, além de impor seletividade às espécies arbóreas.

## Hidrografia

O rio Iguaçu abrange a maior bacia hidrográfica do estado do Paraná (MAACK, 1981), e em seus aproximadamente 910 km de extensão atravessa diferentes unidades fitogeográficas, climáticas, geológicas, geomorfológicas e pedológicas (CURCIO, 2006).

A bacia do Alto Iguaçu, compreendida entre a Serra do Mar e a Escarpa Devoniana, tem como seu principal afluente, à margem direita (FIGURA 3), o rio Barigui que, com uma extensão de aproximadamente 66 km, drena até sua foz 279 km<sup>2</sup>. Nasce no município de Almirante Tamandaré e desagua no rio Iguaçu, na divisa entre os municípios de Curitiba e Araucária) (FILL *et al.*, 2005).

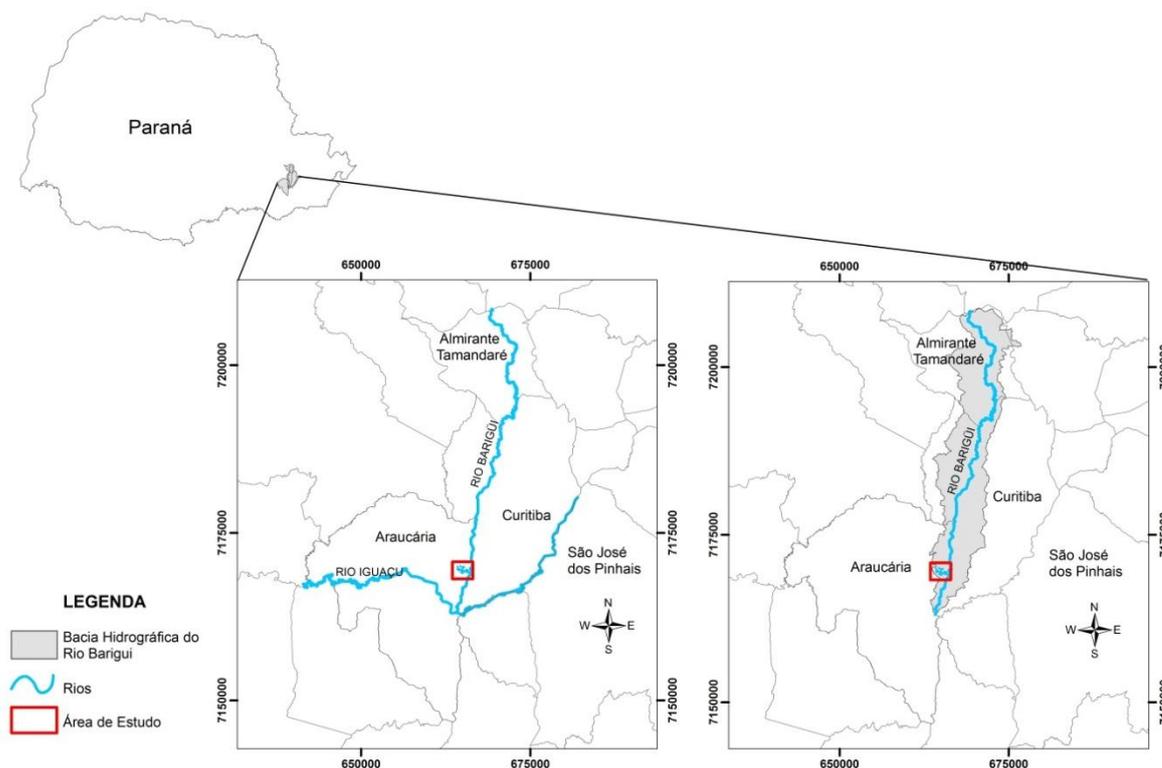


FIGURA 3 - Mapa das bacias hidrográficas do rio Barigui e alto-Iguaçu, com destaque para a bacia de drenagem do rio Barigui, e para a área de estudo

Como medida de contenção para as constantes enchentes na região de Curitiba, na década de 1960 o rio Barigui teve seu curso retificado pelo

Departamento Nacional de Obras e Saneamento, passando a ter um traçado muito mais retilíneo, para que então ganhasse maior vazão (DNOS, 1979).

Compõem ainda a microbacia do rio Barigui o arroio Saldanha com cerca de 2,2 km (BARDDAL, 2002), que corta o fragmento estudado até encontrar o leito retificado do rio.

## Vegetação

O crescimento acelerado e desorganizado das cidades da RMC levou à ocupação de parte das planícies dos rios e a retificação de seus cursos no segmento meândrico (década de 1960), ignorando-se o fato de que a vegetação aluvial auxilia na contenção e minimização dos impactos de uma enchente.

A Floresta Ombrófila Mista Aluvial da área de estudo é um dos poucos fragmentos conservados ao longo dos rios na região de Curitiba (FIGURA 4), onde ainda é possível encontrar boa parte das espécies citadas por Roderjan *et al.* (2002).

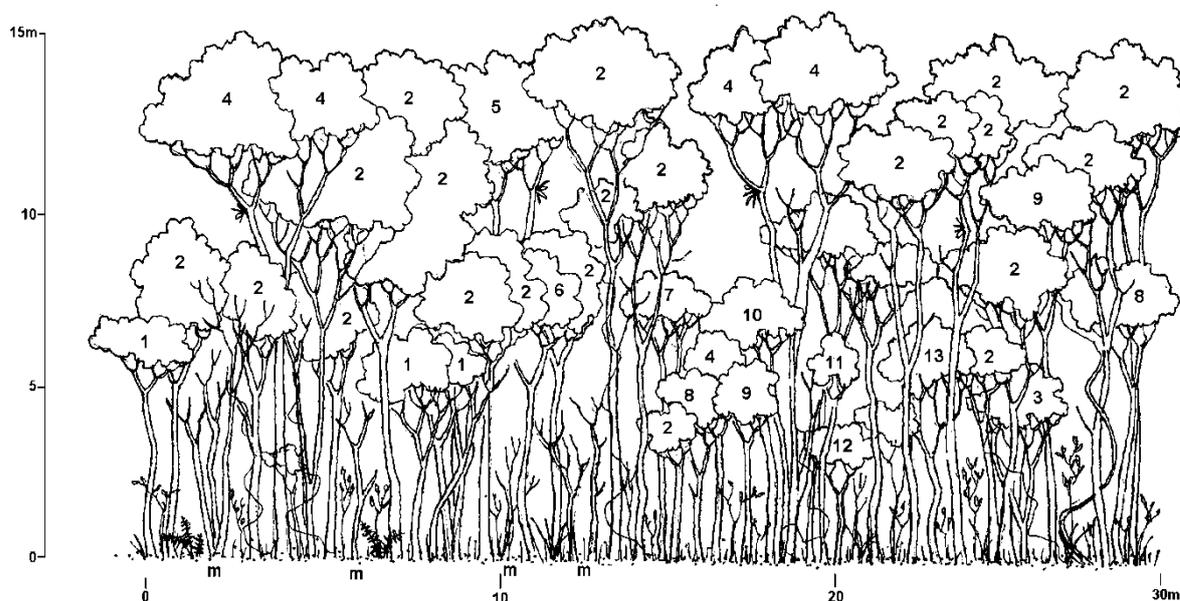


FIGURA 4 - Perfil esquemático de um trecho representativo da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, onde: 1: *Myrrhinium atropurpureum*; 2: *Sebastiania commersoniana*; 3: *Myrciaria tenella*; 4: *Blepharocalyx salicifolius*; 5: *Campomanesia xanthocarpa*; 6: *Vitex megapotamica*; 7: *Dalbergia frutescens*; 8: *Allophylus edulis*; 9: *Schinus terebinthifolius*; 10: *Machaerium brasiliensis*; 11: *Calyptanthes concinna*; 12: *Guettarda uruguensis*; 13: *Scutia buxifolia*; m: morta.

FONTE: FUNPAR (2001).

O fragmento mantém o aspecto fisionômico de grande homogeneidade (KLEIN; HATSCHBACH, 1962), dada à dominância de *Sebastiania commersoniana*. Além disso, Graf Neto (2011) identificou que *Allophyllus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radlk., *Myrrhinium atropurpureum* Schott., *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg. estão entre as espécies de maior valor de importância neste ambiente, *depois de S. commersoniana*.

## COLETA DO MATERIAL E ANÁLISE DOS DADOS

Com a construção da usina termoeletrica a base de gás natural, UEG-Araucária, no ano de 2000, no município de Araucária, Paraná, surgiu a necessidade da instalação de torres de transmissão para o escoamento da energia produzida.

Uma dessas torres foi projetada sobre o fragmento florestal, cujo corte foi autorizado, em 2001, pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP) e permitiu que ali fosse instalada uma parcela de 200 m<sup>2</sup> (FIGURA 5).

Nesta parcela, os indivíduos arbóreos com diâmetro à altura do peito (DAP) acima de 4,7 cm foram identificados, as suas características biométricas medidas (e.g.: altura total, ponto de inversão morfológico, diâmetros, etc.), e posteriormente foram abatidos. Destes indivíduos foram obtidos discos transversais do tronco na altura da base (0,10 m), a 2 m e a cada 2 m até o ponto de inversão morfológico (PIM).

O material coletado no ano de 2001 serviu, inicialmente, de base para um estudo de biomassa (Socher, 2004). Em 2011, todos os discos de madeira passaram por um processo de recuperação, recebendo um rigoroso polimento superficial de sua seção transversal empregando-se lixas de diferentes granulometrias, de 80 a 400 grãos/cm<sup>2</sup>.

Esse polimento foi feito para que os anéis de crescimento de *S. commersoniana*, demarcados por achatamento das paredes das fibras e, em menor grau, pelo aumento na espessura das paredes dessas células no lenho tardio (COSMO, 2008), pudessem ser mais facilmente evidenciados.

Posterior ao polimento, em cada amostra foram traçados quatro raios ortogonais (casca-medula), para que então os anéis de crescimento fossem

identificados e medidos quanto a largura, com o auxílio de um microscópio estereoscópico *Leica S8APO*, com aumento de até 80 vezes. Com a identificação dos anéis, a idade de cada árvore foi determinada a partir dos discos de base, e estimada para as demais alturas.

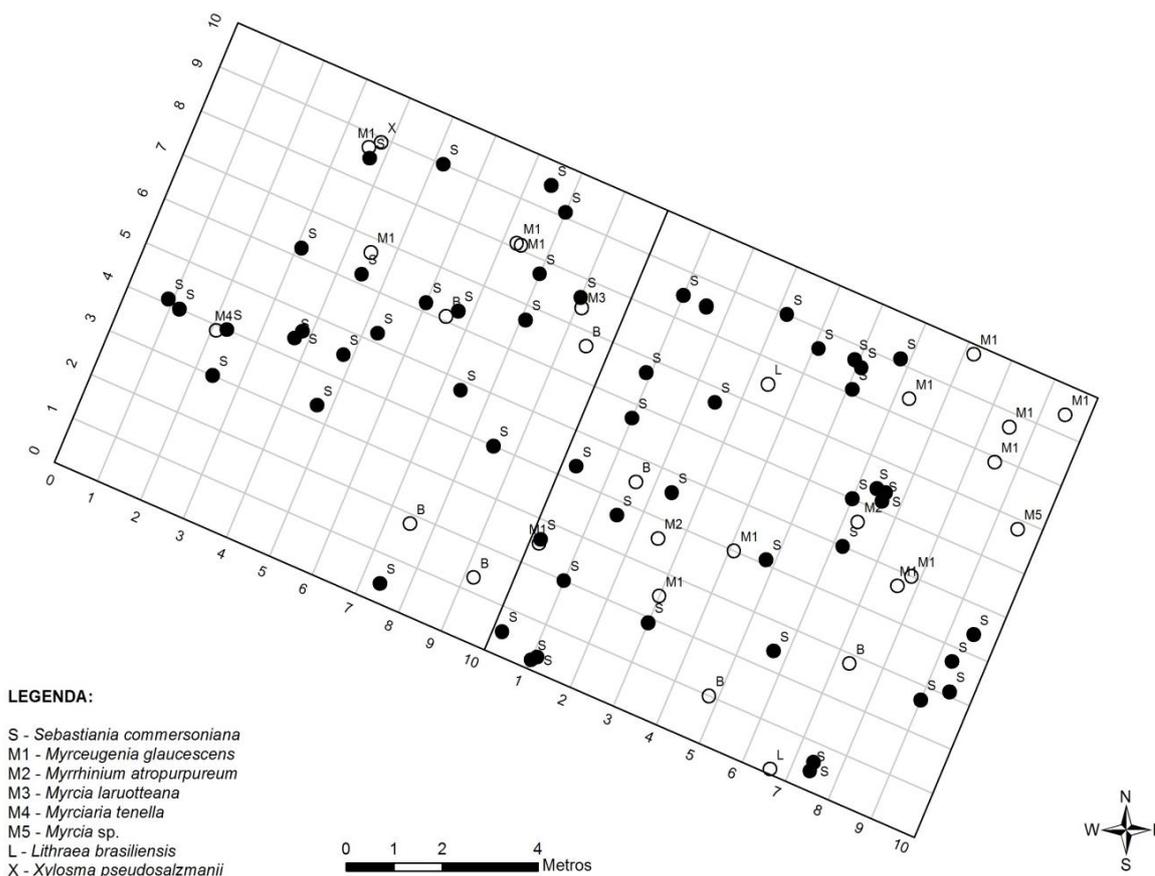


FIGURA 5 - Distribuição espacial das espécies arbóreas inventariadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, na planície do rio Barigui, Araucária-PR

Em uma mesa de mensuração *Velmex*, acoplada a um sistema *Quadra-Chek*® 10, com precisão de 2  $\mu$ m, as medidas da largura dos anéis foram tomadas e a partir desta informação foi possível calcular o incremento corrente anual (ICA), incremento médio anual (IMA) em diâmetro, e construir curvas de crescimento acumulado para cada unidade amostral.

Para analisar o crescimento em altura de cada ano, foi estimada a altura no tronco em que cada anel terminou, pelo método trigonométrico, também conhecido com Método Gráfico (Machado *et al.* 2010).

Cabe ressaltar que os diâmetros considerados para as análises são referentes às medições feitas com o material seco, logo, o diâmetro mínimo

considerado no trabalho difere do coletado em campo, em razão da perda de umidade da amostra.

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

Considerando a variância dos dados de idades, diâmetros, alturas e ponto de inversão morfológico, e conseqüentemente a violação da premissa de homogeneidade de variâncias para o teste t (teste de Bartlett a 5%) (ZAR, 1999), os resultados foram analisados a partir do teste alternativo de Mann-Whitney (Wilcoxon) no programa estatístico *Statgraphics Centurion XV.1*. Esse é um teste não-paramétrico, que faz a comparação da mediana de duas amostras obtidas para cada variável a um nível de confiança de 95% (ZAR, 1999).

Para avaliar se a tendência de incremento corrente anual entre indivíduos de dossel e de sub-bosque apresentam diferenças em função da posição que ocupam no estrato, os dados obtidos dos discos à altura do peito (DAP) foram analisados com o auxílio de uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA), utilizando-se o *PC-Ord 6*. Este método se ajusta de maneira mais flexível a dados ecológicos por utilizar outras medidas de semelhança (dissimilaridades), além da Euclidiana (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998). Como o número de variáveis era superior ao de repetições, os dados não puderam ser verificados com uma Análise de Componentes Principais (PCA). O número de coordenadas foi estabelecido pelo Teste de Randomização (999 vezes) para um valor de  $p < 0,05$ , conforme sugerido por McCune; Grace (2002), e a distância utilizada foi a de Jaccard.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área amostrada identificou-se 108 indivíduos arbóreos com DAP  $\geq$  4,7 cm, distribuídos em quatro famílias e oito gêneros (TABELA 1). Desses indivíduos, foram abatidos 85, segundo a metodologia anteriormente descrita, sendo 56 dessas amostras de branquilha.

TABELA 1 - Famílias, espécies e número de indivíduos amostrados em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Paraná, Brasil

<b>Família</b>	<b>Nome Científico</b>	<b>n</b>
Euphorbiaceae	<i>Sebastiania commersoniana</i>	56
Myrtaceae	<i>Blepharocalix salicifolius</i>	07
	<i>Myrceugenia glaucescens</i>	14
	<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	02
	<i>Myrcia laruotteana</i>	01
	<i>Myrciaria tenella</i>	01
	<i>Myrcia sp.</i>	01
Anacardiaceae	<i>Lithraea brasiliensis</i>	02
Salicaceae	<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	01
<b>Total</b>		<b>85</b>

A composição florística com o predomínio de *S. commersoniana* na área, a caracterizam tipicamente como Floresta Ombrófila Mista Aluvial. Mesmo com uma florística limitada, simplificação da riqueza de espécies, pode-se considerar uma comunidade desenvolvida, seja pelo enquadramento das espécies em diferentes grupos ecológicos de sucessão, pelo porte dos indivíduos e pela presença de estratos bem definidos na floresta.

Dos 56 indivíduos de branquilha analisados, 36 compunham o dossel e 20 o sub-bosque. A distribuição espacial das amostras em função da posição sociológica dá indicativos da ocupação do branquilha na área (FIGURA 6), mostrando certa aleatoriedade na localização e posição de cada árvore.

A ocupação de uma mesma espécie em estratos diferentes pressupõem faixas etárias distintas, dando ideia dos períodos de facilitação para o recrutamento da espécie na floresta. Assim, a partir da marcação e contagem dos anéis de crescimento nos discos da base das amostras, pôde-se determinar a idade de cada

indivíduo (TABELA 2). De modo geral, os branquilhos que ocupavam o dossel são cerca de 10 anos mais velhos do que os de sub-bosque.

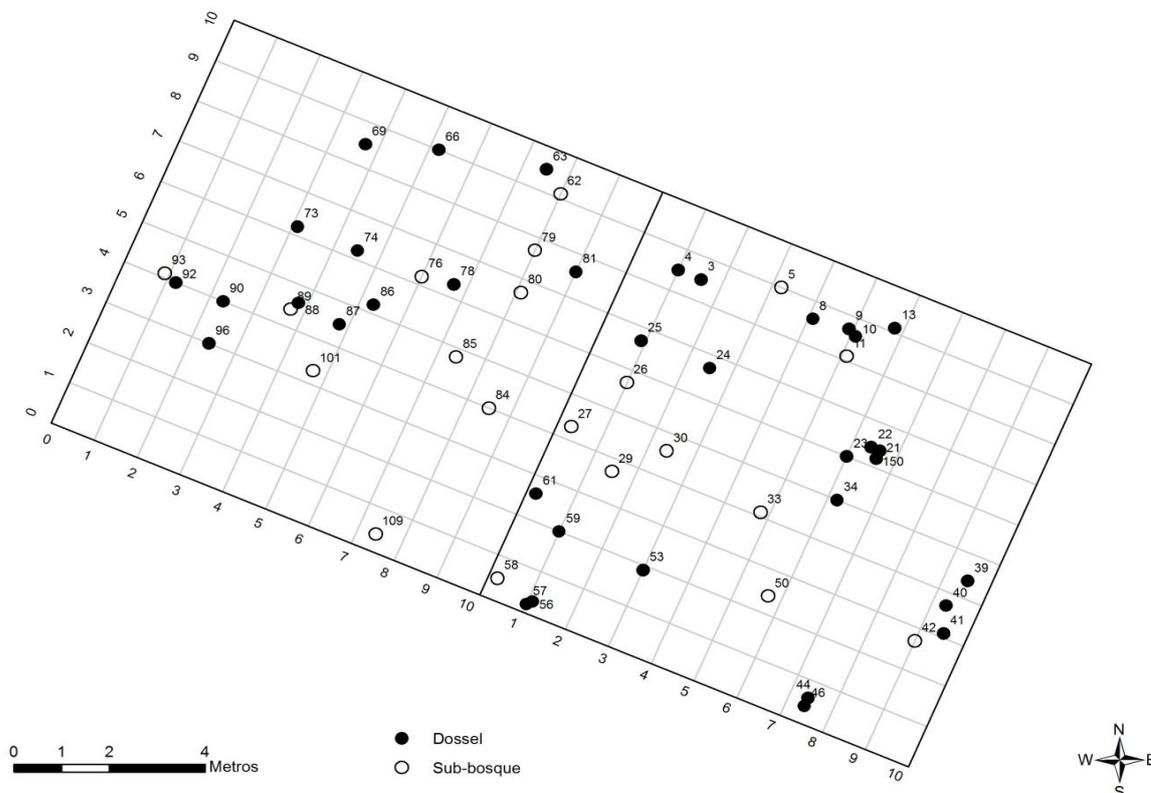


FIGURA 6 - Distribuição espacial e posição sociológica dos indivíduos de *S. commersoniana* amostrados em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, na planície do rio Barigui, Araucária - PR

TABELA 2 - Parâmetros estatísticos considerados na avaliação das idades para amostras de dossel e sub-bosque de *Sebastiania commersoniana*

Idade	Dossel	Sub-bosque
Média	28,5	20,2
Moda	30	20
Mediana	28,5*	20*
Desvio Padrão	4,99	2,53
CV (%)	17,54	12,5
Mínima (anos)	20	16
Máxima (anos)	43	25
Nº Árvores	36	20

\* Estatisticamente significativo pelo teste W (Wilcoxon),  $p < 0,01$

A faixa de sobreposição de idades dos indivíduos, entre estratos, é relativamente pequena (4 anos), comparando-se com a amplitude dos dados. Essa informação indiretamente indicaria que o processo de recrutamento de branquilho acontece de maneira continuada, reflexo da estratégia de frutificação abundante da

planta, como citado por Barddal (2002). Por outro lado, a amplitude das idades (16 a 43 anos) (FIGURA 7) indica que os indivíduos não foram recrutados todos em um mesmo período e é possível inferir que a espécie não necessariamente precisaria de um distúrbio para que se regenere, mesmo sendo uma pioneira. Neste caso, a reposição anual de folhas e a sub-anualidade de floração e frutificação (MILANI, 2013) podem estar atreladas à continuada regeneração da espécie no sub-bosque, por possibilitarem que a radiação solar penetre no interior da floresta com maior intensidade permitindo a germinação de suas sementes e o crescimento das plântulas.

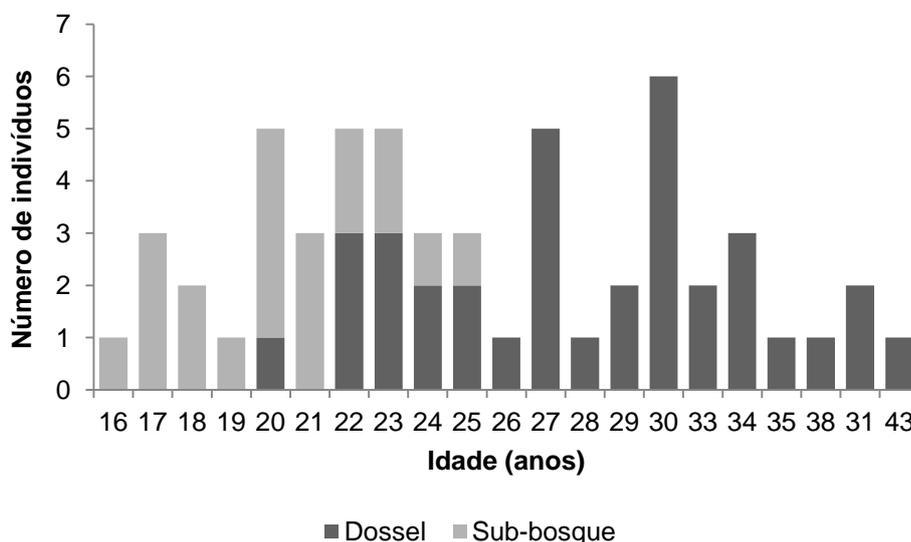


FIGURA 7 - Número de indivíduos por idade determinada nas duas posições sociológicas analisadas de *Sebastiania commersoniana*

Os indivíduos podem ser considerados jovens, se comparados aos analisados por Stasiak *et al.* (2009) em uma área adjacente ao rio Tibagi, no município de Ponta Grossa - PR, que variaram de 34 a 85 anos.

As idades encontradas no presente trabalho podem estar relacionadas ao período de navegação com barcos a vapor pelo rio Iguaçu, que se manteve até a década de 1950 (COSMO, 2008), consumindo inicialmente a madeira de branquilha e, quando de sua escassez, às bracatingas das encostas (BUCH, 2007).

A amplitude das idades responde em parte a distribuição dos diâmetros que apresenta um comportamento decrescente, típico de florestas nativas. Nos gráficos das FIGURAS 8 e 9 há uma clara tendência do predomínio de indivíduos com 5 a 15 cm de diâmetro, bem como é possível verificar que existe uma relação linear positiva

entre idade e DAP ( $R^2 = 0,77$ ). Em parte, essa tendência linear constatada entre idade *versus* DAP e o razoável valor do coeficiente de determinação, deve considerar o fato de se tratar de uma área com homogeneidade pedológica (Gleissolo), e possivelmente em amostras sem este controle, o comportamento se dê de maneira variada.

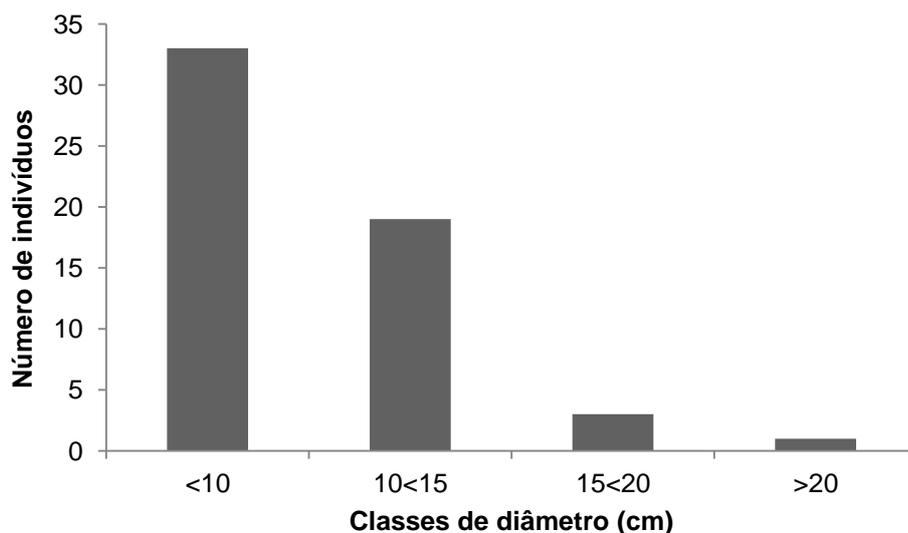


FIGURA 8 - Distribuição diamétrica dos indivíduos amostrados de *S. commersoniana* agrupados em classes

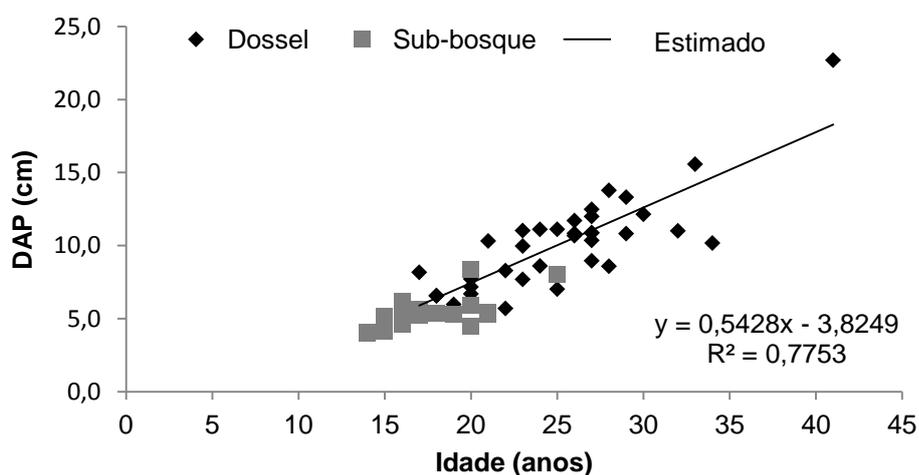


FIGURA 9 - Regressão linear entre idade e diâmetro à altura do peito (DAP) para os indivíduos de dossel e sub-bosque de *Sebastiania commersoniana*

O predomínio de indivíduos nas classes de menores diâmetros evidencia um recrutamento sob condições específicas de luminosidade e hidromorfia do solo, por exemplo. Pioneiras são boas colonizadoras, mas péssimas competidoras (REES *et al.*, 2001), embora o branquilha apresente uma plasticidade maior que outras plantas

deste grupo ecológico, e mostre melhor aproveitamento dos recursos disponíveis mesmo que limitados.

Os indivíduos de dossel possuem o dobro do diâmetro dos de sub-bosque (TABELA 3). Além disso, a amplitude dos diâmetros dessas árvores de dossel também é maior, o que teoricamente mostra o comportamento do crescimento secundário em função dos recursos disponíveis e o período de recrutamento. Para os branquinhos que atingiram o dossel já não se faz mais necessário investir recursos em crescimento primário (altura), diferente dos do sub-bosque que prioritariamente buscam uma posição de melhor condição luminosa em detrimento do crescimento em diâmetro. Não apenas o fator luminosidade é determinante neste processo, uma vez que a árvore possua uma copa densa, o sistema radicial será proporcionalmente similar, e conseqüentemente maior será a disputa por nutrientes no solo. Cabe ressaltar, ainda, o predomínio de Gleissolos háplicos na área, assim, as condições/características de solo são as mesmas para todos os indivíduos analisados.

TABELA 3 - Parâmetros estatísticos considerados na avaliação dos diâmetros para amostras de dossel e sub-bosque de *Sebastiania commersoniana*

<b>Diâmetro</b>	<b>Dossel</b>	<b>Sub-bosque</b>
Média (cm)	10,13	5,36
Mediana (cm)	10,34*	5,30*
Desvio Padrão (cm)	3,18	1,16
CV (%)	31,42	21,56
Mínimo (cm)	5,70	3,97
Máximo (cm)	22,69	8,36
Nº Árvores	36	20

\* Estatisticamente significativo pelo teste W (Wilcoxon),  $p < 0,001$

Com a determinação *in loco* da posição sociológica de cada árvore e a correlação com os incrementos correntes anuais, foi possível, a partir de uma análise de coordenadas principais (PCoA), identificar a formação dos grupos dossel e sub-bosque (FIGURA 10), onde a primeira coordenada explica 34,24% da variação dos dados e a segunda 8,31%.

O teste de randomização ( $p > 0,05$ ) considerou apenas os dois primeiros eixos como significativos, os quais demonstram uma maior heterogeneidade nos dados de dossel do que em sub-bosque. A falsa impressão de que o segundo eixo seja o responsável pela divisão dos grupos observados, é refutado pela elevada

correlação das árvores com o primeiro eixo, estando as de dossel positivamente correlacionadas e as de sub-bosque negativamente.

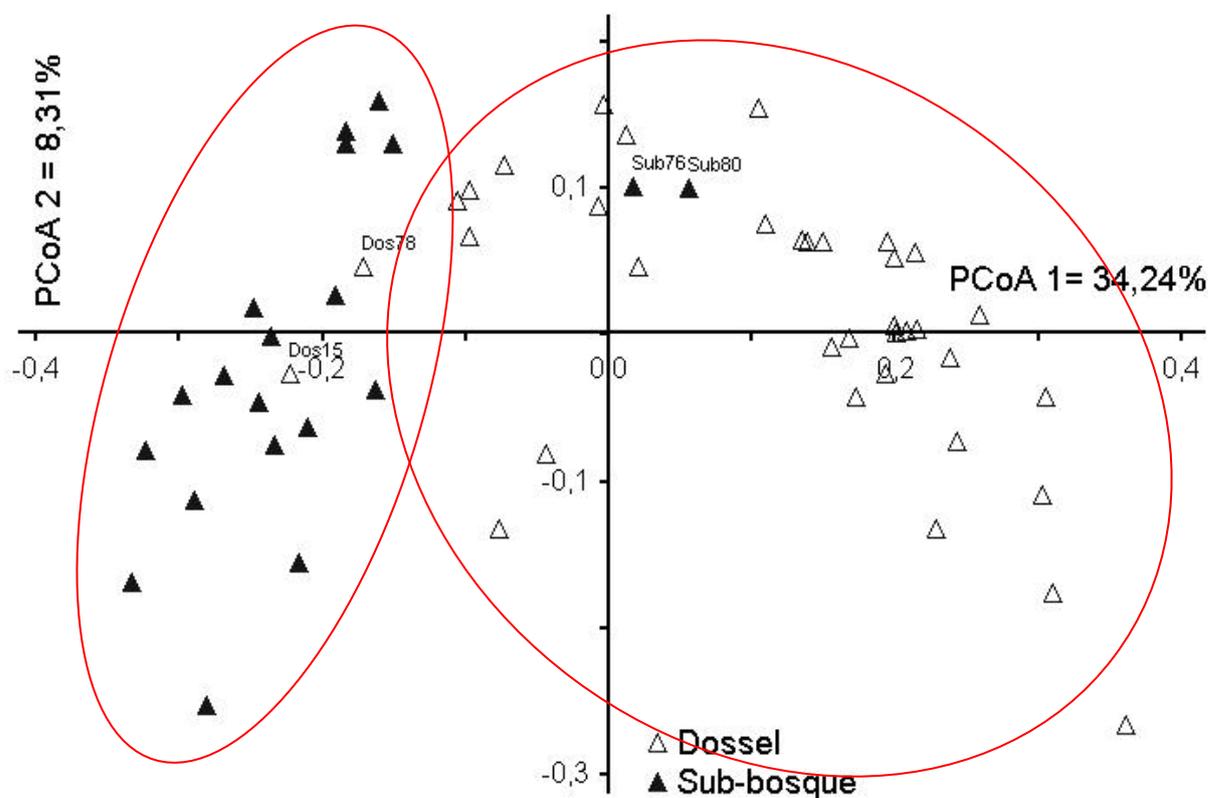


FIGURA 10 - Análise de Coordenadas Principais para incremento corrente anual (ICA) em diâmetro (DAP), dos indivíduos de *Sebastiania commersoniana* de dossel e sub-bosque

A informação, à primeira vista, parece óbvia, entretanto, indica claramente que existe um ritmo menos acelerado de crescimento das árvores de sub-bosque, além do fator idade dos indivíduos. Caso não houvesse essa diferença, onde há sobreposição das idades, as taxas de crescimento sobreporiam indivíduos, o que não é observado neste caso.

Na FIGURA 10 estão indicadas 4 (quatro) árvores que fogem a regra ou formação clara dos dois grupos. No caso das amostras *Sub76* e *Sub80*, o crescimento apresenta particularidades, pois, aparentemente são indivíduos provenientes de rebrota. Esta característica, segundo Silva *et al.* (2012) funciona como adaptação em ambientes hidromórficos, dando sobrevida às espécies que se submetem a pulsos de inundação recorrentes e de variadas intensidades. O mesmo comportamento de perfilhamento frequente dos indivíduos foi verificado por Curcio *et*

*al.* (2006), em um trecho de Floresta Ombrófila Mista Aluvial com as mesmas características de solo, em *Myrcia laurotteana* (Myrtaceae), indicando que esta seria uma estratégia utilizada pela espécie para manter estabilidade em períodos de maior encharcamento, quando o solo assume características semifluidais ou como resposta evolucionária de algumas plantas à recorrência ao fogo em regiões áridas do mundo, onde com um sistema de raízes bem desenvolvido são capazes de sobreviver na forma de indivíduos (BEGON *et al.* 2007) Ainda que a ocorrência de incêndios em ambientes aluviais não seja oportuna, a analogia da resposta a uma perturbação ambiental é válida.

Ora, os recursos disponíveis para um indivíduo de rebrota são muito maiores do que aqueles que se desenvolveram por sementes, considerando a existência de um complexo sistema radicial já disponível. Deste modo, as taxas de crescimento apresentadas pelas duas unidades amostrais de sub-bosque, podem refletir essa vantagem de um sistema radicial desenvolvido, comparadas à de indivíduos de dossel.

Por outro lado, as unidades amostrais *Dos15* e *Dos78* apresentam incrementos comparáveis à de sub-bosque. Parte da explicação deste comportamento está no fato de serem as amostras de dossel com menores diâmetros e idades, o que permitiria pressupor que haviam recentemente atingido o dossel e ainda não haviam alocado tantos recursos para o crescimento secundário.

Em um processo de sucessão é possível pensar que em algum momento do ciclo de vida de uma planta ela tenha estado numa posição sociológica diferente daquela que agora se encontra. As plantas pioneiras, por sua vez, buscam dentro da floresta uma condição que supere o ponto de compensação lumínico (WHITMORE, 1996), e possam sobreviver. Assim, a alocação de recursos no crescimento em altura é também uma estratégia de sobrevivência, apresentada especialmente por indivíduos de sub-bosque.

Diversos são os fatores, endógenos e exógenos, que controlam o crescimento das árvores, e a interação desses fatores pode ocasionar um crescimento fora do padrão em determinado fase da vida de um indivíduo. Um pequeno distúrbio na floresta e a consequente abertura de uma clareira no dossel (WHITMORE, 1989) é, por exemplo, a chance que um indivíduo de sub-bosque tem de chegar ao estrato superior. Além disso, a renovação anual de folhas do dossel pode ser uma estratégia para manutenção de indivíduos no sub-bosque, pois, de

tempos em tempos recebem energia luminosa suficiente para crescerem, de maneira especial, em altura.

O estrato superior da área analisada possuía em média 11,59 m de altura, e o estrato inferior 8,83 m (TABELA 4). Estes valores estão dentro do intervalo de alturas encontrado por Barddal *et al.* (2004) em um fragmento florestal contíguo a esta área do estudo.

Nogueira *et al.* (2010), ao analisar um fragmento sobre Neossolo flúvico, obteve uma média de altura de 7,64 m para o estrato superior do compartimento com predomínio de branquilha. Este fato pode se justificar, entre outros fatores, pelo tipo de solo da planície de inundação, considerando que a drenagem dos Neossolos é melhor que em Gleissolos (EMBRAPA, 2006), e sendo *S. commersoniana* uma espécie seletiva higrófila, a melhor drenagem do solo não propiciaria necessariamente um melhor crescimento, ao menos em altura.

TABELA 4 - Parâmetros estatísticos considerados na avaliação das alturas para amostras de dossel e sub-bosque de *Sebastiania commersoniana*

<b>Altura</b>	<b>Dossel</b>	<b>Sub-bosque</b>
Média (m)	11,59	8,83
Modo (m)	11,00	8,60
Mediana (m)	11,80*	8,75*
Desvio padrão (m)	0,79	0,94
CV%	6,79	10,69
Mínima (m)	9,50	6,10
Máxima (m)	13,30	10,70
N° Árvores	36	20

\* Estatisticamente significativo pelo teste W (Wilcoxon),  $p < 0,001$

Dentro de cada grupo de espécies, e neste caso particularmente para o branquilha, há um momento em que ocorre um incremento em altura que foge do comportamento geral. Não exclusivamente como resposta a um fator exógeno, distúrbio na floresta ou reflexo da iluminação relativa a diferentes alturas acima do solo (TURNER, 2004), mas também como resposta a ritmos endógenos de crescimento e fase de desenvolvimento de cada indivíduo.

Boa parte das espécies cresce até uma certa altura (considerada como padrão da espécie), para que entrem na fase adulta (período reprodutivo). Procuram não coincidir duas atividades em uma mesma fase (TURNER, 2004), considerando os risco de mortalidade inerentes à planta. Em um primeiro momento se

estabelecem numa condição minimamente segura no ambiente, e, na sequência, iniciam os processos reprodutivos. Ou, cessam a fase de crescimento em altura e iniciam a reprodução quando as condições ambientais já não são tão favoráveis, com a expectativa de disseminar descendentes na área. Segundo Carvalho (2003), o início da fase reprodutiva para o branquilha acontece aos 5 anos de idade em árvores de plantio, entretanto, este comportamento teoricamente segue a mesma tendência em ambientes de floresta.

Se um período de maior crescimento antecede o início da fase reprodutiva, em função de um estímulo ambiental ou precaução na disseminação de descendentes, períodos de maior crescimento foram registrados nas amostras (em 60% dos branquilhos), que não se diferenciaram estatisticamente entre as posições analisadas (TABELA 5).

TABELA 5 - Parâmetros estatísticos considerados na avaliação do ano de maior crescimento em altura para amostras de dossel e sub-bosque de *Sebastiania commersoniana*

<b>Maior crescimento em altura</b>	<b>Dossel</b>	<b>Sub-bosque</b>
Média (anos)	6,1	5
Moda (anos)	6	4
Mediana (anos)	6	4,5
Desvio padrão (anos)	2,36	2,45
CV %	38,79	48,99
Mínimo (anos)	3	2
Máximo (anos)	12	9
Nº Árvores	21	12

\* Estatisticamente significativo pelo teste W (Wilcoxon),  $p < 0,001$

A média de idade dos indivíduos onde ocorre um maior crescimento em altura é próxima à idade de início da atividade reprodutiva dos branquilhos, mesmo que os dados variem de 3 a 12 anos no dossel e de 2 a 9 no sub-bosque. Apesar da inexistência de dados sobre a idade de reprodução do branquilha em condições naturais, e considerando a estratégia das plantas como citado por Turner (2004), é possível inferir que a partir da idade média de 5 anos se inicie o processo de dispersão de sementes, antecedido por um período de crescimento diferenciado, limitando-se ao ponto de inversão morfológico.

Na TABELA 6 é possível identificar a diferença em altura do ponto de inversão morfológico (PIM), para as duas posições consideradas. Os indivíduos de dossel apresentam PIM, seja em média, moda ou mediana, acima dos valores dos

de sub-bosque. Apenas para a altura mínima do PIM os indivíduos de sub-bosque apresentam maior altura de inversão, o que pode estar relacionado a ocorrência de um indivíduo que se estabeleceu tardiamente e com uma pressão lateral exercida por ervas e arbustos, o que a levou a iniciar a formação definitiva da copa em uma altura diferente da dos demais.

O ponto de inversão morfológico determina uma mudança no padrão de crescimento da planta (HALLÉ *et al.*, 1978), em resposta a um estímulo ou facilitação ambiental, como por exemplo, maior suprimento lumínico ou maturidade fisiológica da espécie. Os indivíduos de sub-bosque crescem em condições lumínicas inferiores àquelas encontradas pelas plantas de dossel. Parece sensato, que o ponto de inversão se dê em maior altura (dadas às proporções) para esses indivíduos, uma vez que se trata de uma espécie pioneira, e a radiação solar é fator fundamental para seu pleno desenvolvimento.

TABELA 6 - Parâmetros estatísticos considerados na avaliação do PIM para amostras de dossel e de sub-bosque de *Sebastiania commersoniana*

PIM	Dossel	Sub-bosque
Média (m)	6,53	5,40
Moda (m)	6,00	5,20
Mediana (m)	6,43*	5,35*
Desvio Padrão (m)	1,78	0,90
CV (%)	27,30	16,60
Mínimo (m)	2,67	3,15
Máximo (m)	9,76	7,20
Nº Árvores	36	20

\* Estatisticamente significativo pelo teste W (Wilcoxon),  $p < 0,001$

Ao longo do fuste é possível verificar a redução no número de anéis de crescimento, seguindo a premissa básica de que as camadas de crescimento em altura se sobrepõem a exemplo de cones sobre cones (KOZLOWSKI, 1971; BURGER; RICHTER, 1991). Além disso, em consequência da redução do número de anéis, também ocorre a redução dos diâmetros, podendo apresentar novo alargamento próximo ao PIM (ASSMANN, 1970).

Cada grupo apresenta em sua posição sociológica um comportamento distinto nesta relação idade *versus* altura da coleta do disco. Enquanto para as plantas de dossel o ajuste é exponencial (FIGURA 11), para as de sub-bosque a relação é linear (FIGURA 12). Em ambos os casos, os resultados dos ajustes

apresentaram bons coeficientes de determinação e erro padrão da estimativa percentual (principalmente para o dossel), indicando que o modelo ajustado se adequa aos dados e permite que a partir de uma altura qualquer se obtenha, de maneira indireta, o tempo que o indivíduo levou para atingir aquele ponto.

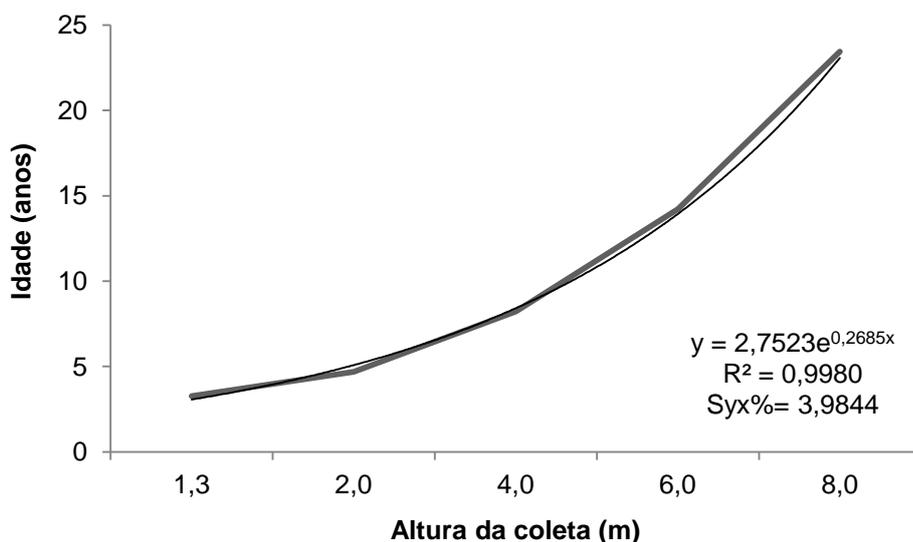


FIGURA 11 - Ajustes da idade das árvores de *Sebastiania commersoniana* de dossel em função da altura da coleta das amostras

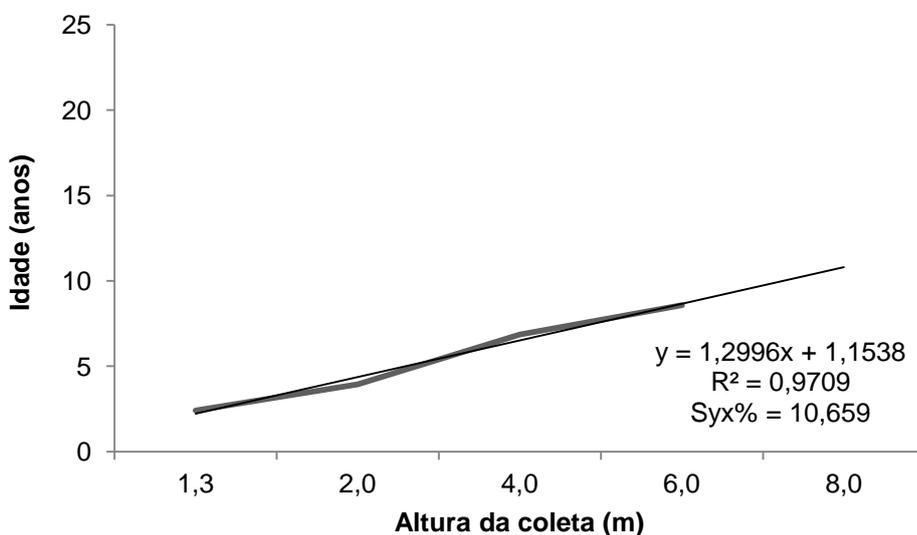


FIGURA 12 - Ajustes da idade das árvores de *Sebastiania commersoniana* de sub-bosque em função da altura da coleta das amostras

O padrão linear da evolução da idade por segmento do fuste, apresentado pelos indivíduos de sub-bosque, pode estar atrelado ao fato de serem indivíduos mais jovens e com menor alteração de idade ao longo do fuste, diferente do que

ocorre para os de dossel. Essa diferença também pode ser percebida nos diâmetros que tem em média 1 cm de diferença do disco de DAP para o disco do PIM no sub-bosque, enquanto no dossel essa variação chega a aproximadamente 5 cm.

As idades variam ao longo do fuste muito em função da velocidade de crescimento em altura de cada planta. Se o crescimento primário se compara a sobreposição de cones é possível e aceitável que um cone ultrapasse as diferentes alturas de coleta e apresentem um comportamento semelhante ao verificado entre DAP e 2 m de menor variação. Outro aspecto que deve ser considerado é a presença de falsos anéis, anéis descontínuos e anéis ausentes, conformados assim por anomalias durante o crescimento e que podem, eventualmente, induzir a erros na determinação das idades; ou mesmo pela dificuldade no reconhecimento dos anéis de crescimento próximos à medula, formados na fase em que o indivíduo se encontrava no sub-bosque (DÉTIENNE, 1989).

Por isso, a determinação da idade dos indivíduos geralmente se faz a partir dos discos mais próximos da base, permitindo afirmar qual diâmetro possuía uma árvore em uma determinada idade, deixando de ser uma estimativa, como no caso da altura. Entretanto, isto não invalida o dado estimado, considerando que a amostragem (tradagem) em altura é uma prática de difícil execução e nem sempre se tem a possibilidade de abater uma árvore para remoção de amostras.

Nas FIGURA 13 e 14 são apresentados os dados da relação diâmetro *versus* idade determinada para as duas posições estudadas. É possível identificar que diâmetro e idade se relacionam de maneira não linear para as árvores de dossel e linear para as de sub-bosque, a taxas distintas para cada árvore e para cada posição. Na FIGURA 9 esta informação já havia sido apresentada, porém, de maneira pontual para o DAP.

O incremento médio em diâmetro (DAP) para as árvores de dossel é de 0,38 cm/ano, enquanto que para as de sub-bosque é de 0,28 cm/ano, abaixo da média encontrada por Mattos *et al.* (2007) de 0,4 e 05 cm/ano. Apesar de próximos (mas estatisticamente diferentes,  $p < 0,001$ ), os valores refletem a estratégia de crescimento da qual fazem uso, e, neste caso, plantas de dossel se sobressaem, como sugerido por Whitmore (1989) em relação a melhor condição lumínica.

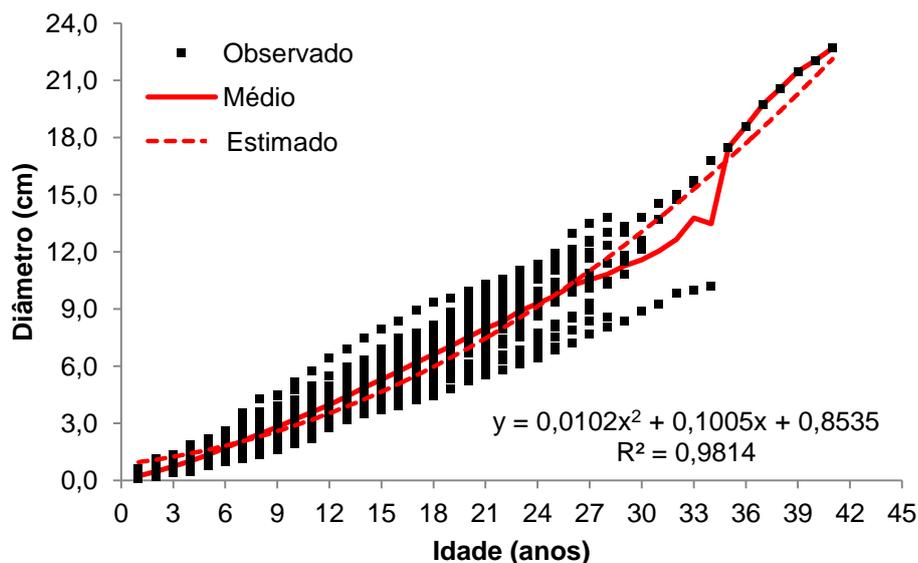


FIGURA 13 - Crescimento acumulado em diâmetro para as árvores de *Sebastiania commersoniana* de dossel

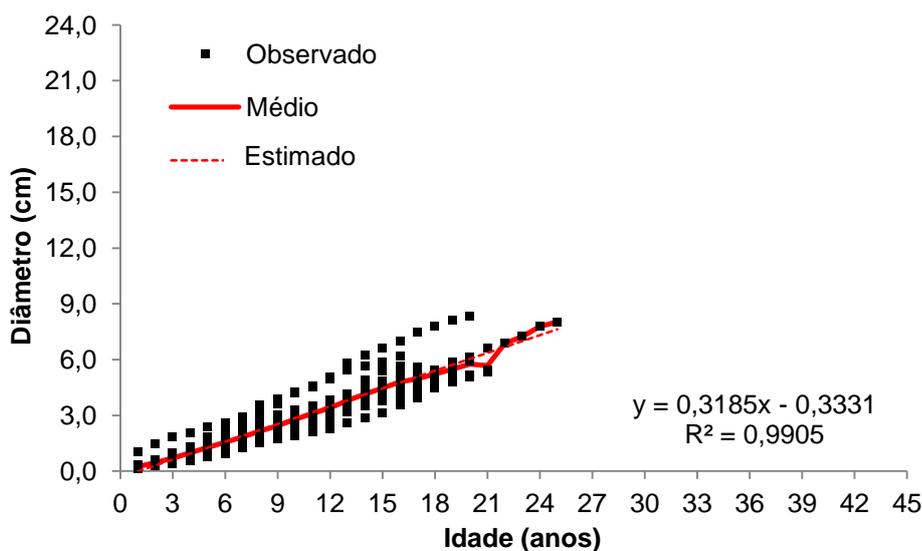


FIGURA 14 - Crescimento acumulado em diâmetro para as árvores de *Sebastiania commersoniana* de sub-bosque

O incremento médio em altura dos indivíduos do dossel foi de 0,47 m/ano e o dos de sub-bosque foi de 0,50 m/ano e não diferiram estatisticamente ( $p > 0,05$ ). Apesar dessa reduzida diferença, a verdadeira estratégia pode estar sendo mascarada pela média do incremento, levando-se em conta, também, o coeficiente de variação para ambas as posições. Com a análise dos anéis de crescimento dos discos da base e do DAP, é possível constatar com maior segurança a velocidade de crescimento no início da vida dos indivíduos de sub-bosque. Enquanto a diferença de anéis das árvores de dossel é de 3,3 anos, nas de sub-bosque essa

diferença é de 2,4 anos. Além disso, quando se analisa pontualmente o incremento médio anual (IMA) para cada ano, é perceptível essa diferença, como apresentado na TABELA 7.

Cosmo *et. al.* (2010) identificou características morfo-funcionais comuns à espécies heliófilas, estudando a morfologia de plântulas de branquilha e estas características, associadas a agentes bióticos e abióticos, certamente propiciam a planta um rápido estabelecimento e crescimento inicial.

TABELA 7 - Incremento médio anual em altura (m/ano) para as árvores de dossel e sub-bosque nos primeiros anos de crescimento, com valores mínimos (Mín), médios (Méd), máximos (Máx), coeficiente de variação (CV%) e a diferença média entre dossel e sub-bosque ( $\neq$  Méd)

	Dossel				Sub-bosque				$\neq$ Méd
	Mín	Méd	Máx	CV (%)	Mín	Méd	Máx	CV (%)	
Idade 1	0,17	0,54	1,30	65,87	0,17	0,79	1,81	58,63	0,25
Idade 2	0,11	0,47	1,18	68,11	0,10	0,61	1,47	54,45	0,14
Idade 3	0,10	0,43	0,94	58,80	0,08	0,58	1,28	52,64	0,15
Idade 4	0,11	0,44	1,06	59,59	0,08	0,57	1,27	56,10	0,13

Neste caso, o primeiro ano de crescimento parece ser primordial para espécies pioneiras exigentes em luz. Quanto antes estes indivíduos estiverem em uma condição lumínica favorável, maiores serão suas chances de sobrevivência no ambiente.

## CONCLUSÕES

A plasticidade ecológica de *S. commersoniana* é ainda mais evidente quando da análise de seu crescimento. A espécie de maior valor de importância nos ambientes aluviais da Floresta Ombrófila Mista consegue direcionar e otimizar a utilização de seus recursos, em função das condições em que momentaneamente se encontra. Mesmo que deixe de priorizar temporariamente a alocação de recursos ou energia em um determinado evento, compensa pelo destaque em outra frente de crescimento.

A altura do ponto de inversão morfológica (PIM) para as árvores de dossel é maior do que às de sub-bosque. Apesar disso, a menor altura de inversão no sub-bosque é maior que a de dossel, possivelmente pela presença de um estrato herbáceo-arbustivo atuando, também, no sombreamento das plantas. No momento em que ocorre a liberação de concorrência lateral, ocorre também o início da formação da copa.

De modo geral os indivíduos de dossel eram mais velhos que os de sub-bosque e a amplitude das idades pode indicar um constante recrutamento da espécie. Isso também é reflexo do comportamento pioneiro da espécie na produção abundante de frutos. Quanto maior a produção de sementes, maior será a probabilidade de sucesso na disseminação da espécie nos ambientes aluviais.

A distribuição diamétrica (diâmetro à altura do peito) segue um modelo exponencial negativo, além disso, apresenta relação linear com a idade. Assim, via de regra, quanto mais velha for uma árvore maior será o seu diâmetro. Outro aspecto importante quanto ao diâmetro das árvores é o fato de que o dossel possui praticamente o dobro do diâmetro dos indivíduos de sub-bosque. Neste caso, há que se considerar a idade como fator preponderante. Entretanto, quando as idades são próximas, como em alguns casos, ocorre a similaridade diamétrica entre os grupos.

A Análise de Coordenadas Principais (PCoA) indica que há diferenças suficientes nos incrementos correntes anuais para separar as árvores em grupos, que por sua vez correspondem as observações de campo. Os casos de sobreposições podem ser explicados pela presença de perfilhos, característica da

espécie, e, deste modo, o ritmo de crescimento se dá de maneira diferenciada das demais.

A altura média do dossel e do sub-bosque foi coerente com o esperado para FOM Aluvial. O branquilha ora investe em altura, ora em diâmetro, até atingir sua maturidade fisiológica e então iniciar os processos reprodutivos. Parte desta dinâmica se explica pelo período de disparo ou maior crescimento em altura, por volta dos cinco anos em ambas as posições.

As idades variam em função da altura da amostra no fuste e tendem a uma homogeneização ao se aproximar do PIM.

O incremento em diâmetro e altura fortalece a afirmativa de que, em função da posição sociológica, cada indivíduo prioriza um determinado crescimento, ao menos em uma fase de seu ciclo de vida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSMANN, E. **The principles of forest yield study**. New York: Pergamon Press, 1970. 506p.

BARDDAL, M. L. **Aspectos florísticos e fitossociológicos do componente arbóreo-arbustivo de uma floresta ombrófila mista aluvial - Araucária, PR**. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Caracterização florística e fitossociológica de um trecho sazonalmente inundável de floresta aluvial, em Araucária, PR. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 37-50, 2004.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia de indivíduos a ecossistemas**. 4ªed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R.; AB'SABER, A.N. Origem e ambiente de deposição da Bacia de Curitiba. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n.4/5, p.71-81, 1961.

BROWN, C. L. Secondary growth. In: ZIMMERMAN, M. H.; BROWN, C. L. (Ed.). **Trees: Structure and Function**. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 1974.

BUCH, H. E. R. **Matas ciliares e degradação da paisagem da área limdeira do Médio Iguaçu em relação à educação ambiental**. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003, v. 1, p.247-253.

COSMO, N. L. **Anatomia ecológica e crescimento do lenho de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith &Downs, em diferentes condições geomorfológicas e pedológicas da planície do rio Iguaçu-PR**. 93f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

COSTENARO, G. A. R. **Análise de crescimento de uma população de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) L.B. Sm & R. J. Downs (Euphorbiaceae) em uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial.** 29 f. Relatório (Iniciação Científica em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CURCIO, G. R. **Relações entre geologia, geomorfologia, pedologia e fitossociologia nas planícies fluviais do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil.** 488 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CURCIO, G. R.; BONNET, A.; PESTANA, D.; SOUZA, L.; SOCHER, L. G.; GALVÃO, F.; RODERJAN, C. V. Compartimentação toposseqüencial e caracterização fitossociológica de um capão de Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 3, p. 361-369, set./dez. 2006.

DÉTIENNE, P. Apperance and periodicity of growth rings in some tropical woods. **IAWA Bulletin New Series**, Leiden, v. 10, n. 2, p. 123-132, 1989.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS E SANEAMENTO – DNOS. **Rio Barigüi: canalização e regularização.** Curitiba, 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306p.

FILL, H. D. et al. Balanço hídrico da bacia do Rio Barigüi, PR. **RA'E GA**, Curitiba, n. 9, p. 59-67, 2005.

FRITTS, H. C. **Tree rings and climate.** London: Academic Press, 1976.

FUNPAR - Fundação da Universidade Federal do Paraná para o Desenvolvimento da Ciência, da Tecnologia e da Cultura. **Diagnóstico e monitoramento da cobertura vegetal da área de influência direta e indireta do vazamento de óleo da refinaria Presidente Getúlio Vargas - REPAR, Araucária / PR: Fase I - Diagnóstico.** UFPR, Curitiba, 2001, 82 p.

GRAF NETO, J. **Crescimento, recrutamento e mortalidade no período de 2001-2010 de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, município de Araucária, Paraná.**

118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

HALLÉ, F.; OLDEMAN, R. A. A.; TOMLINSON, P. B. **Tropical trees and forests: an architectural analysis**. New York: Springer-Verlag, 1978.

KLEIN, R. M.; HATSCHBACH, G. Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica do município de Curitiba e arredores. **Boletim da Universidade Federal do Paraná - Geografia Física**, Curitiba, n.4,p. 1-30, 1962.

KOZLOWSKI, T. T. **Growth and development of trees**. New York: Academic Press, 1971. v. 2.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2004.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, 1998.

LOPES, O. F.; CHODUR, N. L. Associação Vulcânica Campo Alegre-Guaratubinha-Guabirota (PR-SC). In: I Simpósio Sobre Vulcanismo e Ambientes Associados, 1999, Gramado - RS. **Anais do I Simpósio Sobre Vulcanismo e Ambientes Associados**, Gramado – RS, 1999. v. 1. p. 36-37

MAACK, R. Breves Notícias Sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Braz. Arch. Biol. Technol.**, v. jubileu (1964-2001), p. 169-288, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132001000500010>> Acesso em: 20/03/2010

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: Ed. Olympio, 1981.

MACHADO, S. A. ; SILVA, L. C. R. da ; FIGURA, M. A. ; TÉO, S. J. ; NASCIMENTO, R. G. M. Comparison of methods for estimating heights from complete stem analysis data for *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n.1, p. 45-56, 2010.

MATTOS, P. P.; SANTOS, A. T.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, M. A. D. Dendrocronologia de espécies da Floresta Ombrófila Mista do município de Candói, PR. Notas Científicas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.54, p. 153-156, 2007.

MCCUNE, B.; GRACE, J. B. **Analysis of ecological communities**. Gleneden Beach: MjM Software Design, 2002.

MILANI, J.E.F. **Comportamento fenológico de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial – Araucária, PR.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

NOGUEIRA, M. K. F. S.; CURCIO, G. R.; MORO, R. S.; GALVÃO, F. Caracterização fitossociológica e pedológica dos estratos arbóreo e arbustivo em uma planície aluvial no município de Jaguariaíva, Paraná. **Terra Plural**, Ponta Grossa, v. 4, p. 193-216, 2010.

REES, M.; CONDIT, R.; CRAWLEY, M.; PACALA, S.; TILMAN, D; Long-term studies of vegetation dynamics. **Science**, n.293, p. 650–655, 2001.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACK, G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, p. 75-92, jan./jun. 2002.

SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; VAN DEN BERG, E.; NUNES, M. H.; CARVALHO, D. A. **Florestas Inundáveis: ecologia, florística e adaptações das espécies.** Lavras: Editora da UFLA, 2012. 168p .

SOCHER, L. G. **Dinâmica e biomassa aérea de um trecho de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária, Paraná.** 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

STASIAK, P. M.; SOBANSKI, N.; BOTOSSO, P. C. Influência de *Guaduaaff. paraguayana*Döll (Poaceae) sobre o crescimento diametral do tronco de uma população de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith &Downs. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 8., 2009, Colombo. **Anais...** Colombo: EmbrapaFlorestas, 2009. 1 CD-ROM.

TURNER, I. M. **The ecology of trees in the tropical rainforest.** Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2004. 298p.

ZAR J.H. **Biostatistical analysis.** 4. ed. New Jersey, Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1999. 663 p.

WHITMORE, T.C. Canopy gaps and the two major groups of forest trees.**Ecology**, Washington, v. 70, n. 3, p. 536–538, 1989.

WHITMORE, T.C. A review of some aspects of tropical rain forest seedling ecology with suggestions for further enquiry. In: SWAINE, M.D.; ALEXANDER, I. (Ed.). **Ecology of tropical tree seedlings**: Man and Biosphere Series, Paris, UNESCO, p. 3–39, 1996.

## CAPÍTULO II

### **ANÁLISE DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DE *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL**

#### RESUMO

Reconstruir a trajetória de vida de uma árvore e suas interações com o meio, a partir das camadas de crescimento formadas com periodicidade conhecida foi por muitos anos considerado seguro apenas para espécies de regiões temperadas. Entretanto, diversas espécies em regiões tropicais e subtropicais apresentam características potenciais para este tipo de estudo, dendroecológico, dentre elas *S. commersoniana*, árvore típica de Floresta Ombrófila Mista Aluvial. Deste modo, 56 árvores de branquilha foram abatidas em um fragmento florestal às margens do rio Barigui, em Araucária, PR, no ano de 2001, aproximadamente 30 anos após a retificação do rio. Considerando que o crescimento das plantas se dá pela interação do ritmo biológico de crescimento e dos estímulos ambientais, uma intervenção antrópica de grande porte, como a retificação de um rio, possivelmente altera a dinâmica de crescimento das árvores. Investigar essas relações foi objetivo deste capítulo em que se procurou verificar a sincronia das séries cronológicas obtidas das amostras removidas à altura do peito dos indivíduos selecionados; padronizar as séries com o intuito de remover as tendências biológicas de crescimento e evidenciar sinais climáticos; construir uma cronologia para a área de estudo; e, correlacionar as variáveis climáticas de precipitação e temperatura (mínima, média e máxima) com esta cronologia. A análise dos resultados reforça a potencialidade da espécie em estudos dendroecológicos, considerando a sincronia dos dados e a sensibilidade à variáveis climáticas; uma redução de crescimento apresentada a partir da metade da década de 1960 é concomitante ao período de retificação do rio Barigui, bem como a idades dos indivíduos analisados é próxima ao final do ciclo de extração de madeira para as embarcações à vapor na região.

Palavras-chave: Crescimento. Dendrocronologia. Ação antrópica. Respostas ambientais.

#### ABSTRACT

Try to reconstruct the history of life cycle of tree species and its interactions with the environment conditions from the growth layers formed with known periodicity was for many years considered safe only for tree species growing in temperate regions.

However, nowadays many tree species in tropical and subtropical regions exhibit known potential characteristics for dendrochronological and ecological studies, among them *S. commersoniana*, a typical tree species of Alluvial Mixed Ombrophylous Forest. Fifty six adult *Sebastiania commersoniana* trees were felled in a forest fragment on the Barigui riverbank near to Araucaria city, Parana State in 2001, approximately 30 years after the rectification of the river course project. Considering that plant growth is given by interaction of the biological rhythm of growth and environmental stimuli, a large human intervention, such as the rectification of a river course, possibly changes the dynamics of tree growth. Aiming to investigate these relationships we tried to check the synch of time series obtained from wood samples removed at *1,30m above ground level (DBH)* of the selected trees. Analyzed time series were standardized in order to remove biological growth trends and to demonstrate climate signs, and to establish a chronology for the study area, and correlate the climatic variables of precipitation and temperature (minimum, average and maximum) with this chronology. The results reinforce the potential of this tree species for dendroecological studies. considering the data synch and the sensitivity signs to climatic variables it was observed a reduction of growth presented in the mid-1960s is concomitant with the rectification period of the Barigui river course, as well as ages of the analyzed trees is near the end of the logging cycle for steam vessels in the region.

Keywords: Tree growth. Dendrochronology. Anthropic action. Environmental responses

## INTRODUÇÃO

Diversos são os processos responsáveis pelo estabelecimento e desenvolvimento de uma comunidade vegetal. Mais diversas ainda são as espécies que compõem uma comunidade e suas interações com os meios biótico e abiótico. A natureza é dinâmica, e assim, a cada momento as oportunidades, restrições e facilitações mudam. Entretanto, tudo isso pode ficar registrado no tempo e no espaço, indicando a ciclicidade com que um mesmo evento ocorre, bem como suas proporções.

A complexidade das florestas está intimamente ligada às condições geológicas, geomorfológicas, pedológicas, hidrológicas, climáticas etc. Uma modificação ou alteração ambiental requer uma demanda de esforços, diferente da habitual, para que as espécies se adaptem (COX; MOORE, 2009). Esta adaptação é evidente no ritmo e padrão de crescimento das espécies, podendo ser registrada através dos anéis de crescimento formados em muitas espécies arbóreas.

Durante muito tempo a existência de anéis de crescimento anuais (sazonais) em regiões tropicais e subtropicais foi desacreditada (ROZENDAAL; ZUIDEMA, 2011), considerando que essas camadas de crescimento deveriam ser formadas, quase que exclusivamente, por variações bem marcadas de temperatura e/ou precipitação, a exemplo dos ecossistemas de clima temperado (GRAU *et al.*, 2003).

Todavia, diversos são os fatores genéticos que controlam o crescimento das espécies tropicais e subtropicais, mas com evidências de que a ocorrência de camadas de crescimento está correlacionada com a precipitação local, pulsos de inundação, temperatura e outras variáveis climáticas, de maneira sazonal (BASS; VETTER, 1989).

A existência de espécies com anéis de crescimento formados com periodicidade conhecida abriu a possibilidade de estudos dendrocronológicos em diversas regiões no hemisfério Sul, sendo que o primeiro trabalho publicado na América do Sul foi o de Schulman em 1956, envolvendo *Austrocedrus chilensis* e *Araucaria araucana* no Chile (COOK; KAIRIUKSTIS, 1990). No Brasil, estudos com anéis de crescimento se intensificaram a partir da década de 1980, principalmente na região amazônica, nas florestas inundáveis (TOMAZELLO-FILHO *et al.*, 2009). No Sul do Brasil (florestas subtropicais), Seitz e Kanninen (1989) foram os pioneiros

nos estudos dendrocronológicos ao analisarem os anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia*.

Atualmente, em praticamente todas as regiões do Brasil, são conduzidos trabalhos dendrocronológicos e dendroecológicos, com o intuito de caracterizar a idade dos fragmentos florestais, desenvolver cronologias regionais, buscar informações sobre a dinâmica florestal dessas áreas e compreender a autoecologia das espécies que as compõem. Os esforços se concentram, sobretudo, em áreas de florestas tropicais (SCHÖNGART *et al.*, 2002; WORBES, 2002; DÜNISCH *et al.*, 2003; BONINSEGNA *et al.*, 2009; TOMAZELO FILHO *et al.*, 2009; JIMÉNEZ, 2011) mas aos poucos se disseminam por todas as regiões do país (SEITZ; KANNINEN, 1989; CALLADO *et al.*, 2001; RIGOZO *et al.*, 2003; OLIVEIRA, 2007; LISI *et al.*, 2008; ANDREACCI, 2012).

Na Floresta Ombrófila Mista, característica da região Sul do país, diversas espécies atendem às premissas para estudos dendrocronológicos e apresentam potencialidades na identificação de distúrbios naturais e antrópicos, tais como *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs. A espécie forma camadas de crescimento delimitadas anatomicamente, com fortes evidências de que sejam formadas com periodicidade anual (Cosmo, 2008), permitindo desta maneira a análise dos ambientes em tempos pretéritos.

Se é consenso que essas formações florestais foram fortemente impactadas, é provável que os indivíduos remanescentes preservem parte da história dessas alterações e deem uma dimensão da magnitude dos impactos pelas quais passaram. Assim, objetivou-se verificar a sincronia dos dados, estabelecer uma cronologia local para a espécie e correlaciona-la a variáveis ambientais (precipitação e temperatura) e analisar possíveis sinais na cronologia decorrentes de ações antrópicas na área de estudo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### Localização e clima

Integrante da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), o município de Araucária localiza-se ao sul de Curitiba, na porção centro-sul do primeiro planalto paranaense, que se estende da Serra do Mar (leste) à Escarpa Devoniana (oeste). Na região de estudo predomina relevo suave ondulado (MAACK, 2001), com altitude média de 920 m s.n.m. (FIGURA 1).

Esta região compreende parte do domínio da Floresta Ombrófila Mista no estado do Paraná, com suas diferentes formações. Corresponde ao que Maack (1981) denominou de “Mata de araucária nos planaltos e na região da mata subtropical acima de 500 m s.n.m.”, que originalmente ocupou cerca de 35% da área do estado, restando atualmente poucos fragmentos.

Um destes fragmentos, próximo às coordenadas 25°34’02,5” S e 49°20’53,5” W, pertencente a Refinaria Presidente Getúlio Vargas – Petróleo Brasileiro S.A. – PETROBRAS, a Universidade Federal do Paraná transformou em área de estudos, na qual se desenvolveu este trabalho. A referida área foi adquirida após o vazamento de quatro milhões de litros de óleo bruto, em meados do ano 2000, contaminando o solo, os corpos d’água, a vegetação e a fauna, sendo que um milhão de litros de óleo foram parar nos leitos dos rios Barigui e Iguaçu, informação amplamente divulgada na época em toda mídia nacional.

A área encontra-se à margem direita do rio Barigui, e é enquadrada, com base em Veloso (1992), como Floresta Ombrófila Mista Aluvial, por localizar-se na planície de inundação do rio, tendo como destaque, no estrato arbóreo, a ocorrência dominante de *Sebastiania commersoniana*, o branquilha.

O estado do Paraná encontra-se na transição dos climas tropical e subtropical (CARPANEZZI *et al.*, 1986). Assim, em algumas regiões, a ocorrência de geadas e baixas temperaturas são recorrentes. Esse fator é restritivo para o

desenvolvimento de algumas espécies, sendo considerado por Tropicmair (1990) como um limite biossociológico entre espécies tipicamente tropicais e subtropicais. O clima regional, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo Cfb - temperado, com verões frescos, geadas frequentes, sem estação seca definida.

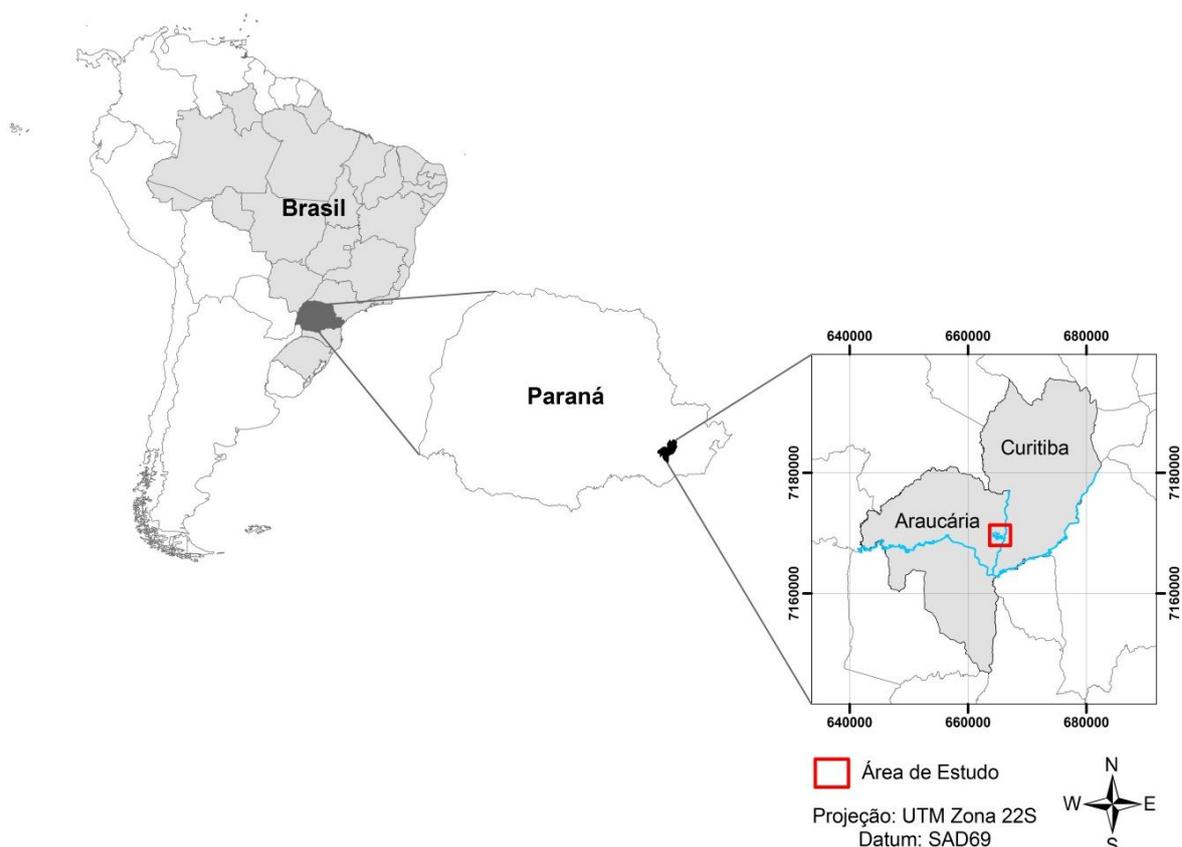


FIGURA 1 - Mapa de localização da área de estudo em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, na planície do rio Barigui, Araucária - PR

Na região de Curitiba, para o período de 1961 a 2001, que corresponde ao intervalo de dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a precipitação média anual foi de aproximadamente 1460 mm, com valores anuais menores que 600 mm (1985) e maiores que 2000 mm (1998), com verões chuvosos e invernos relativamente secos se comparado às outras estações (FIGURA 2). De modo geral a precipitação distribui-se durante todos os meses, com ausência de uma estação tipicamente seca (TROPPEMAIR, 1990). A temperatura média máxima para os meses mais quentes foi de 25,4 °C e a média mínima para os meses mais frios de 10,3 °C.

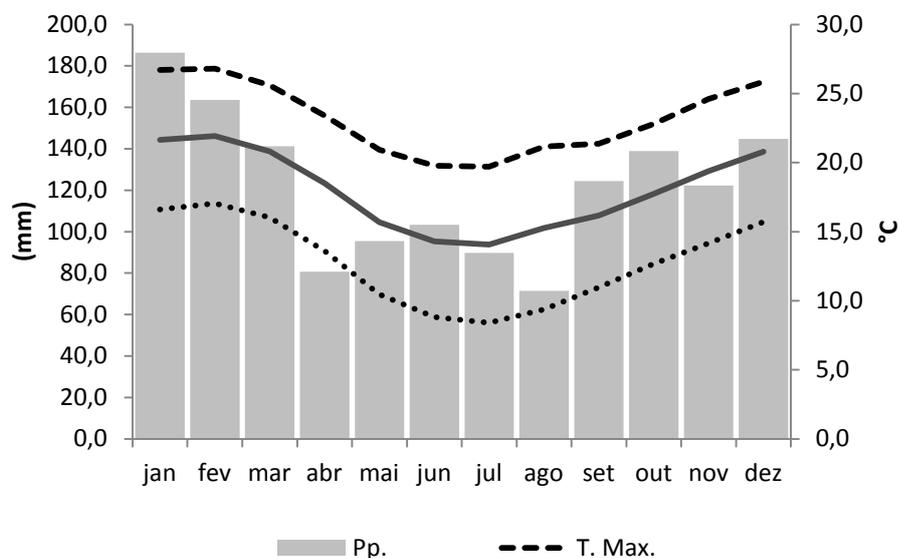


FIGURA 15 - Climatograma mensal de precipitação e temperatura para o período de 1961 a 2001, para a região de Curitiba, distante aproximadamente 20 km da área de estudo  
 FONTE: INMET, modificado pelo autor (2013)

## Geologia e Geomorfologia

Grande parte da porção centro sul do primeiro planalto paranaense, que compreende a área deste estudo, está inserida na bacia sedimentar de Curitiba. Esta bacia, segundo Bigarella *et al.* (1961) foi preenchida com duas formações sedimentares resultantes de duas fases distintas de deposição, sendo a mais antiga constituída por argilitos e arcósios (Formação Guabirotuba); e a mais recente compreende os depósitos das planícies de inundação (aluviais) e baixos terraços que margeiam as várzeas holocênicas (formadas recentemente). Informações recentes dão conta de que a Formação Guabirotuba é formada por depósitos cineríticos, originados de atividade vulcânica no final do Mesozóico (LOPES; CHODUR, 1999).

Na FIGURA 3 é possível verificar as formações geológicas que compõem a área de estudos e as regiões limítrofes, sendo que o complexo Gnáissico Migmatítico (CURCIO, 2006) faz o embasamento da área, sobreposto pela formação Guabirotuba e pelos Sedimentos Recentes.

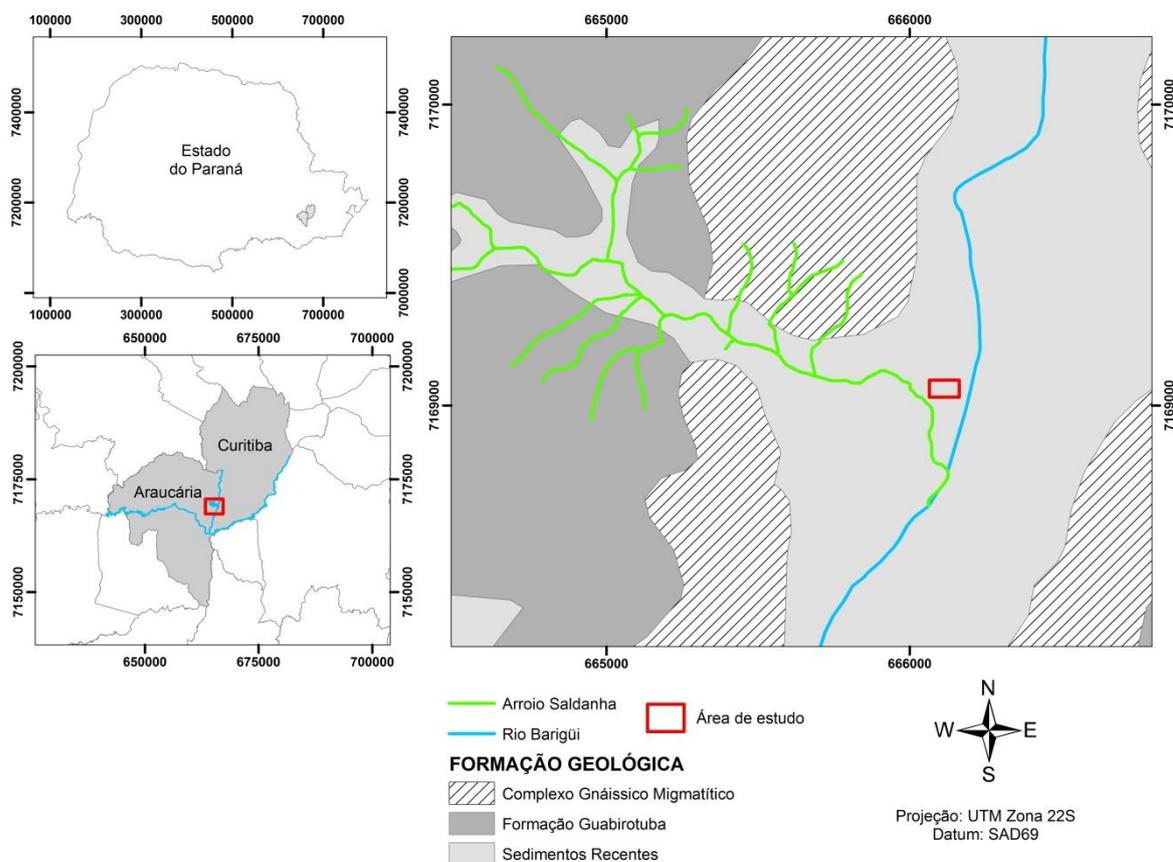


FIGURA 2 - Formações geológicas na área de estudo e regiões adjacentes ao Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, na planície do rio Barigüi, Araucária - PR

## Solos

O fragmento florestal está inserido no primeiro planalto, onde há o predomínio de Cambissolos, Argissolos (vermelho-amarelos) e Latossolos (vermelho-amarelos), que, segundo Troppmair (1990), associados às condições climáticas permitiram a manutenção das “matas de Araucária” nesta região. Entretanto, a área de estudo, por estar sob a influência direta da dinâmica fluvial, o solo é de origem alúvio-coluvionar, formado por sedimentos de fina granulometria, sendo classificado como Gleissolo háplico (BARDDAL, 2002). Esta classe é formada por solos hidromórficos, mal ou muito mal drenados, submetidos à saturação hídrica permanente ou sazonal por ascensão do lençol freático ou por transbordamento do rio em períodos de cheias, tornando o ambiente altamente seletivo. Normalmente,

possuem grande quantidade de argila e sua consistência é muito dura quando secos e muito plástica e pegajosa quando úmidos, pouco porosos e de baixa condutividade hídrica (EMBRAPA, 2006).

## Hidrografia

No compartimento Gnáissico-Migmatítico Costeiro (Curcio, 2006), que compreende a bacia do Alto-Iguaçu entre a Serra do Mar e a Escarpa Devoniana, o principal afluente do rio Iguaçu, à margem direita, é o rio Barigui. Com extensão de aproximadamente 66 km, drena até sua foz 279 km<sup>2</sup> (nasce no município de Almirante Tamandaré e desagua no rio Iguaçu, na divisa entre os municípios de Curitiba e Araucária, sentido norte-sul) (FILL *et al.* 2005).

Em decorrência do crescimento desordenado da cidade de Curitiba e região, boa parte da vegetação original nas margens do rio de padrão meandrante foi suprimida. O rio, como organismo, é dinâmico e por vezes extrapola os limites definidos ou considerados definitivos como leito. Sem a vegetação característica destes ambientes os extravasamentos tornaram-se mais frequentes e como medida de contenção para as constantes enchentes, na metade da década de 1960 e início da de 1970, o rio Barigui teve seu curso retificado (FIGURA 4) pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento, passando a ter um traçado muito mais retilíneo, para que então ganhasse maior vazão (DNOS, 1979).

Compõem ainda a microbacia do rio Barigui o arroio Saldanha, com aproximadamente 2,2 km (BARDDAL, 2002), considerado o ponto zero do acidente que culminou com o vazamento de óleo bruto, em julho de 2000 na área de estudo.

## Vegetação

A expansão dos centros urbanos, das áreas agriculturáveis e criações, refletiram, segundo Troppmair (1990), sobre a estrutura do uso do solo no estado.

Com exceção da Serra do Mar, todas as paisagens naturais com cobertura vegetal original, praticamente desapareceram.

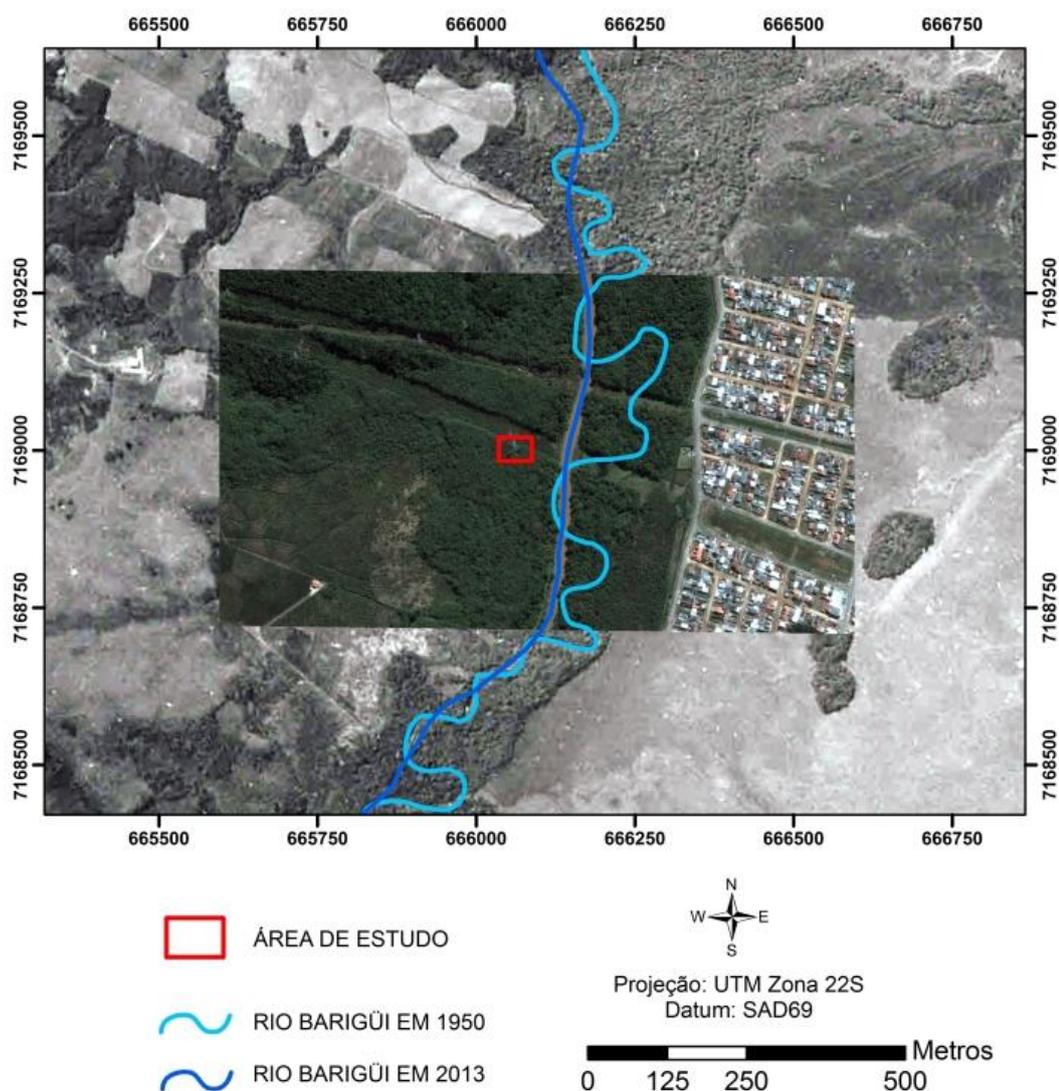


FIGURA 3 - Leito original e retificado do rio Barigüi. Na imagem ao fundo, fotografia aérea de voo realizado em 15/07/1953, ao centro imagem de satélite de 2011, com destaque para a área de coleta do material de estudo

FONTE: ITCG (2012) e Google Earth (2012), adaptado pelo o autor (2013)

O primeiro planalto ou planalto de Curitiba encontra-se predominantemente sob a unidade fitogeográfica Floresta Ombrófila Mista (IBGE, 1992), que por muitos anos sustentou a indústria madeireira do estado. Além disso, durante algumas décadas o transporte fluvial por vapores no rio Iguaçu consumiu grande parte da madeira existente na margem do rio e de seus afluentes ao ponto de que quando as planícies já não possuíam mais madeira suficiente, as espécies das encostas começaram a ser utilizadas (BUCH, 2007).

A Floresta Ombrófila Mista Aluvial que recobre a planície de inundação da área de estudo (FIGURA 4) é um dos poucos fragmentos ao longo dos rios na região de Curitiba onde ainda é possível encontrar boa parte das espécies típicas desta formação, citadas por Roderjan *et al.* (2002).

O fragmento mantém o aspecto fisionômico, citado por Klein e Hatschbach (1962), de grande homogeneidade dada à dominância de *Sebastiania commersoniana*, sendo que Graf Neto (2011) comprova esta observação. Além disso, identificou que *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radlk., *Myrrhinium atropurpureum* Schott., *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg estão entre as espécies de maior valor de importância neste ambiente (FIGURA 5).

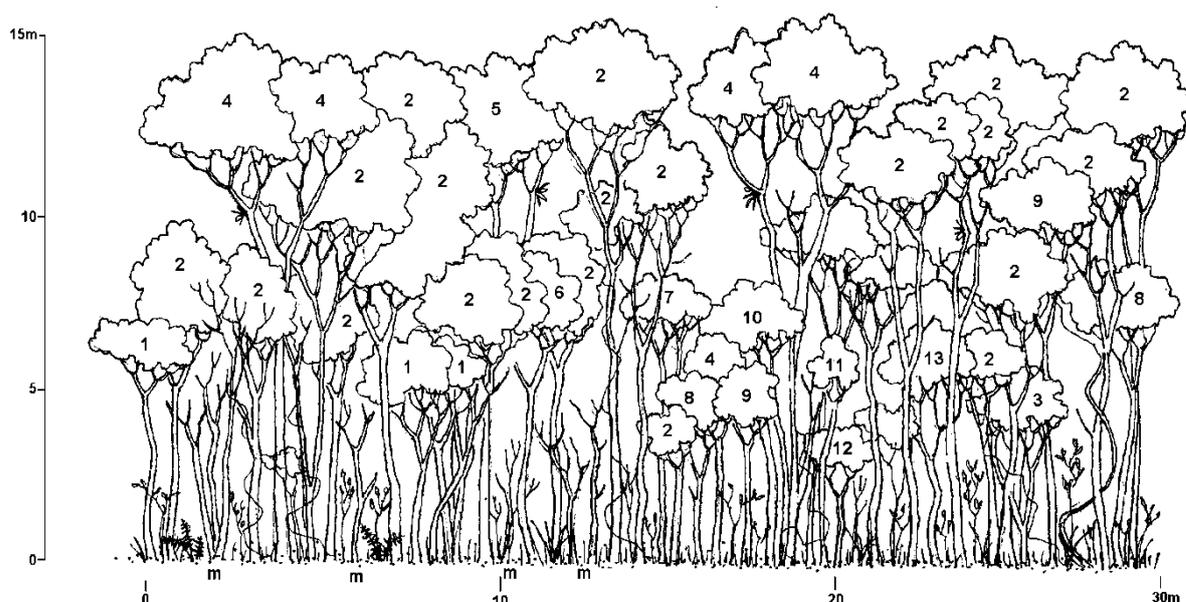


FIGURA 4 - Perfil esquemático de um trecho representativo da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, onde: 1: *Eugenia* sp.; 2: *Sebastiania commersoniana*; 3: *Myrciaria tenella*; 4: *Blepharocalyx salicifolius*; 5: *Campomanesia xanthocarpa*; 6: *Vitex megapota mica*; 7: *Dalbergia frutescens*; 8: *Allophylus edulis*; 9: *Schinus terebinthifolius*; 10: *Machaerium brasiliensis*; 11: *Calyptanthes concinna*; 12: *Guettarda uruguensis*; 13: *Scutia buxifolia*; m: morta

FONTE: FUNPAR (2001)

Segundo IBGE (1992), a Floresta Ombrófila Mista Aluvial é constituída essencialmente por *Araucaria angustifolia*, *Luehea divaricata* e *Blepharocalyx salicifolius* no estrato emergente e de *Sebastiania commersoniana*, no estrato arbóreo contínuo. Entretanto cabe ressaltar que a presença de *A. angustifolia* nestas

planícies está atrelada a uma condição de solo específica. A espécie só ocorre naturalmente em ambientes formados por sedimentos de maior granulometria, que constituem os Neossolos flúvicos ou quartzarênicos, que são solos de melhor drenagem que os Gleissolos, consideravelmente mais comuns no primeiro planalto paranaense. Pasdiora (2003) deixa bem evidente esta afirmação quando analisou um trecho de FOM Aluvial no rio Iguaçu em dois compartimentos ambientais. Naquele com predomínio de Gleissolos, o levantamento fitossociológico não registrou a ocorrência de *A. angustifolia*, em compensação no compartimento sobre Neossolo flúvico, a espécie é a segunda colocada em valor de importância, ficando atrás apenas de *S. commersoniana*.

## COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

No ano de 2000, foi construída a usina termoelétrica a base de gás natural, UEG-Araucária, e aliado a isso, surgiu a necessidade da instalação de torres de transmissão para o escoamento da produção. Uma das torres foi projetada coincidentemente sobre uma área de 10 x 20 m (200 m<sup>2</sup>) de FOM Aluvial, o que permitiu a obtenção dos dados do presente estudo (FIGURA 6).

Nessa área, as árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) acima de 4,7cm foram: identificadas; as características biométricas medidas (altura total, ponto de inversão morfológico etc.); abatidas e removidos discos da base (0,10 m), a 2 m e a cada 2 m até o ponto de inversão morfológico (PIM).

O material coletado no ano de 2001 serviu, inicialmente, de base para um estudo de biomassa (Socher, 2004). Em 2011, os discos de DAP de 56 branquinhos passaram por um processo de recuperação, recebendo um rigoroso polimento de sua seção transversal empregando-se lixas de diferentes granulometrias, de 80 a 400 grãos/cm<sup>2</sup>.

O polimento das amostras com diferentes granulometrias foi realizado para que os anéis de crescimento de *S. commersoniana*, demarcados por achatamento das paredes das fibras e, em menor grau, pelo aumento na espessura das paredes dessas células no lenho tardio (COSMO, 2008), pudessem ser melhor evidenciados.

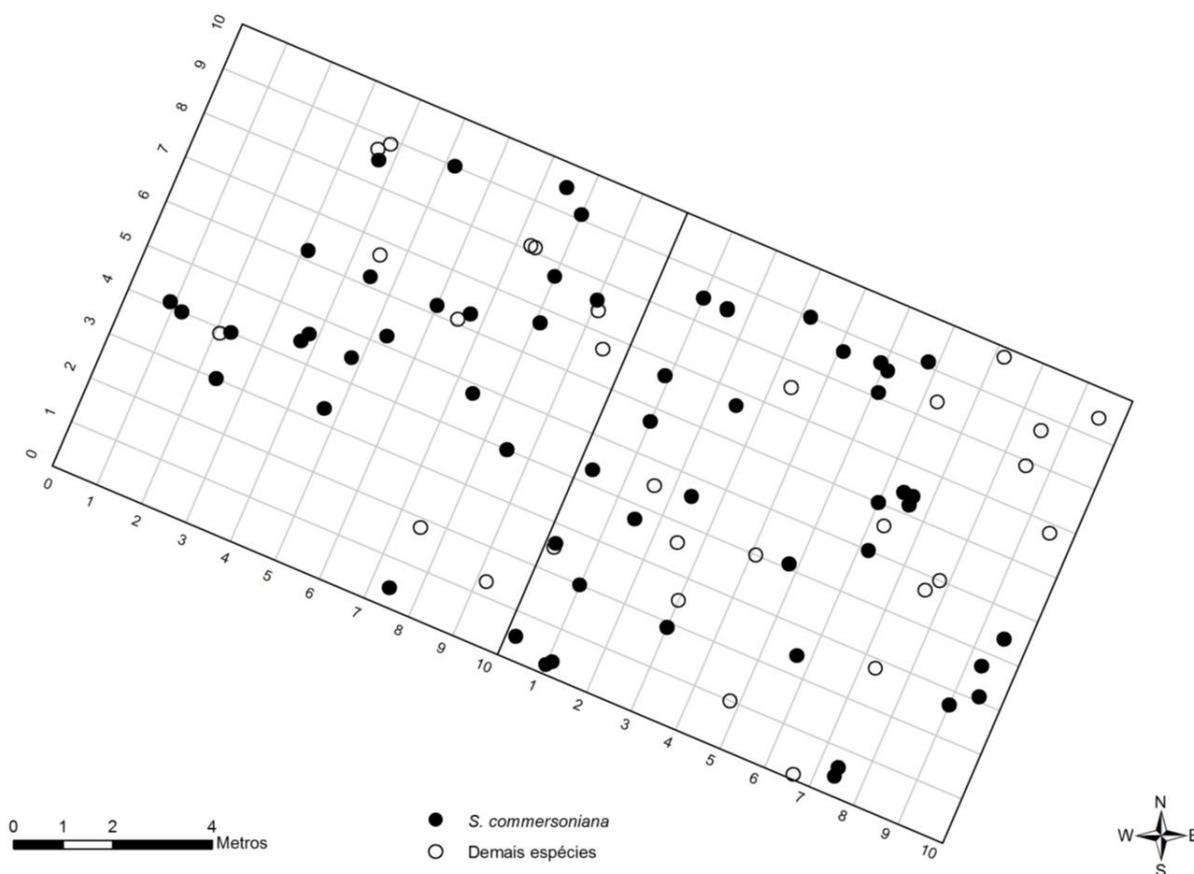


FIGURA 5 - Distribuição espacial das espécies arbóreas inventariadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, na planície do rio Barigui, Araucária-PR

Em cada amostra foram traçados quatro raios ortogonais (casca-medula), para que então fosse feita a marcação e medição da largura dos anéis. A identificação e a marcação dos anéis foram feitas com o auxílio de um microscópio estereoscópico *Leica S8 APO*. Em uma mesa de mensuração *Velmex*, acoplada a um sistema *Quadra-Chek*® 10, com precisão de 2 $\mu$ m, as medidas foram tomadas e, na sequência, analisadas.

## ANÁLISE DOS DADOS

As árvores (unidades amostrais), marcadas e medidas foram ajustadas no tempo (calendário gregoriano) considerando um período vegetativo que se inicia em agosto/setembro de um ano e encerra em junho/julho do ano seguinte. Como as

amostras foram coletadas em abril/maio de 2001, teoricamente o período vegetativo do ano 2000 ainda não estava completo, e por este motivo o crescimento deste período foi desconsiderado, seguindo-se as recomendações de Schulman (1956).

Com o intuito de verificar a acurácia da datação, presença de falsos anéis, flutuações intra-anuais e anéis ausentes, as séries temporais foram comparadas dentro e entre árvores. A sincronização dos dados de largura dos anéis de crescimento foi realizada com o auxílio do Software COFECHA (HOLMES, 1983) e, eventualmente, pela análise gráfica dos incrementos correntes de cada série. O COFECHA correlaciona as séries cronológicas a partir da sobreposição de segmentos (pré-definidos) com uma média construída de todas as amostras (GRISSINO-MAYER, 2001), verificando estatisticamente esta relação, o qual serve como critério de controle para cada amostra analisada.

As séries temporais utilizadas nesta sincronização carregam consigo as informações referentes aos ritmos endógenos e exógenos de crescimento, considerado por Cook; Kairiukstis (1990) como um modelo de agregação linear de crescimento, de acordo com a equação:

$$R_t = A_t + C_t + \delta D1_t + \delta D2_t + E_t$$

Onde:

$R_t$  = largura observada do anel;

$A_t$  = tendência da largura dos anéis de crescimento relacionada com o tamanho e idade das árvores;

$C_t$  = sinal climático relacionado com o ambiente;

$D1_t$  = distúrbios causados por perturbações endógenas de ação individual (indicador binário relacionado com a presença  $\delta=1$  ou ausência  $\delta=0$ );

$D2_t$  = distúrbios causados por perturbações exógenas comuns à população;

$E_t$  = variabilidade não relacionada com os demais fatores ano a ano.

Embora na sincronização estas informações possam estar sobrepostas, para a construção de uma cronologia é preciso que estejam discriminadas de maneira a maximizar os sinais (e.g.: crescimento originado de estímulos ambientais/climáticos) e minimizar ruídos (e.g.: tendências biológicas de crescimento).

Como as séries são consideravelmente curtas, o comprimento do segmento a ser examinado na sincronização deve permitir que a sobreposição se dê pelo menos duas vezes na série (GRISSINO-MAYER, 2001), e quanto menor a janela, maior o ponto crítico de correlação. Assim, a série cronológica mais velha (41 anos) foi tomada como base para estabelecer a janela de 20 a 10 anos, que tem como ponto crítico de correlação  $r = 0,515$  ( $p < 0,05$ ).

Visando a construção de uma cronologia foi empregado o Programa ARSTAN (COOK; HOLMES, 1984), o qual remove as tendências de crescimento biológico, não dependentes de sinais climáticos, transformando os incrementos correntes em índices (FRITTS, 1976), que em geral não têm uma tendência linear, o valor médio é 1 (um), e minimizam as variações na largura dos anéis para um mesmo ano.

Cook; Kairiukstis (1990) recomendam que cada série cronológica seja padronizada, a partir dos dados utilizados na sincronização, com uma função exponencial negativa, seguido da aplicação de uma função *spline cúbico*, com porcentagem de longitude de série de 67%. Pois só então, a partir dessa dupla retirada de tendência (denominada “*detrending*”) é possível maximizar um sinal comum de crescimento e preservar as oscilações de baixa frequência (sinais climáticos) nas séries de crescimento.

A cronologia obtida foi correlacionada (correlação de Pearson) às séries históricas de precipitação e temperatura, oriundas da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para a cidade de Curitiba, que disponibilizou dados para o período de 1961 a 2001. Assim, para cada ano de crescimento (largura do anel de crescimento), a precipitação acumulada em cada mês do ano em questão foi correlacionada, bem como a média de temperatura mínima e máxima. Além disso, partindo do princípio de que o crescimento pode se dar em resposta às condições pretéritas à estação de crescimento, também foram testados os períodos de precipitação e de temperatura prévios. Estas correlações foram estabelecidas no programa Microsoft Office Excel 2007.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultante da rotina do programa COFECHA, o sincronismo das medidas realizados em cada um dos quatro raios traçados nos discos coletados foi verificado e a presença de equívocos na marcação de cada anel identificados. As 56 árvores passaram por este procedimento e nos casos em que o controle da sincronia não apresentou resultados satisfatórios, algumas séries foram removidas.

A análise dos dados considerou a posição sociológica de cada árvore, assim as séries cronológicas foram sincronizadas, primeiramente, em função de sua posição sociológica e posteriormente de maneira combinada, conforme apresentado na TABELA 1.

TABELA 1 - Parâmetros considerados e resultados obtidos na avaliação da sincronia dos dados entre as árvores de *Sebastiania commersoniana*, com uso do programa COFECHA

Parâmetros	Cronologias		
	1*	2*	3*
Número de árvores	16	10	<b>20 (13D; 7S)</b>
Número de séries	30	24	<b>39</b>
Anos	41	25	<b>41</b>
(Período considerado)	(1959 – 1999)	(1975 – 1999)	<b>(1959 – 1999)</b>
Número de anéis	734	456	<b>866</b>
Intercorrelação (r)	0,442	0,497	<b>0,472</b>
Ponto crítico	0,515	0,715	<b>0,515</b>
Sensibilidade média (s)	0,387	0,427	<b>0,387</b>

\* 1: Cronologia composta por séries cronológicas de indivíduos do dossel

2: Cronologia composta por séries cronológicas de indivíduos de sub-bosque

3: Cronologia composta por séries cronológicas de indivíduos de ambas as posições sociológicas

Dos 56 indivíduos analisados, 36 pertenciam ao dossel e 20 ao sub-bosque do fragmento estudado. Assim, conforme a TABELA 1, dos 36 branquinhos de dossel, 16 árvores foram sincronizadas de maneira muito satisfatória, ainda que o valor da intercorrelação obtida não tenha atingido o ponto crítico considerado para esta análise.

De um total de 20 árvores, 10 branquinhos de sub-bosque foram, também, satisfatoriamente sincronizados, ainda que não tenham superado o ponto crítico da análise. Entretanto, a intercorrelação do sub-bosque apresentou valor superior ao do dossel e isto pode estar atrelado ao fato de tratar-se de séries temporais mais curtas (em média 25 anos), de indivíduos dominados, em que as alterações mais significativas de crescimento se dão principalmente em altura, em detrimento ao

incremento em diâmetro, como apresentado no Capítulo 1 para os indivíduos de sub-bosque.

Com o intuito de estabelecer uma cronologia para a área de estudo, as análises posteriores contemplaram o conjunto de indivíduos provenientes de ambas as posições sociológicas. Essa sincronia seguiu as mesmas tendências das análises por grupo, seja na intercorrelação ou na média de sensibilidade. Foram consideradas 20 árvores e 39 raios, sendo 13 árvores de dossel e 7 de sub-bosque (FIGURA 7).

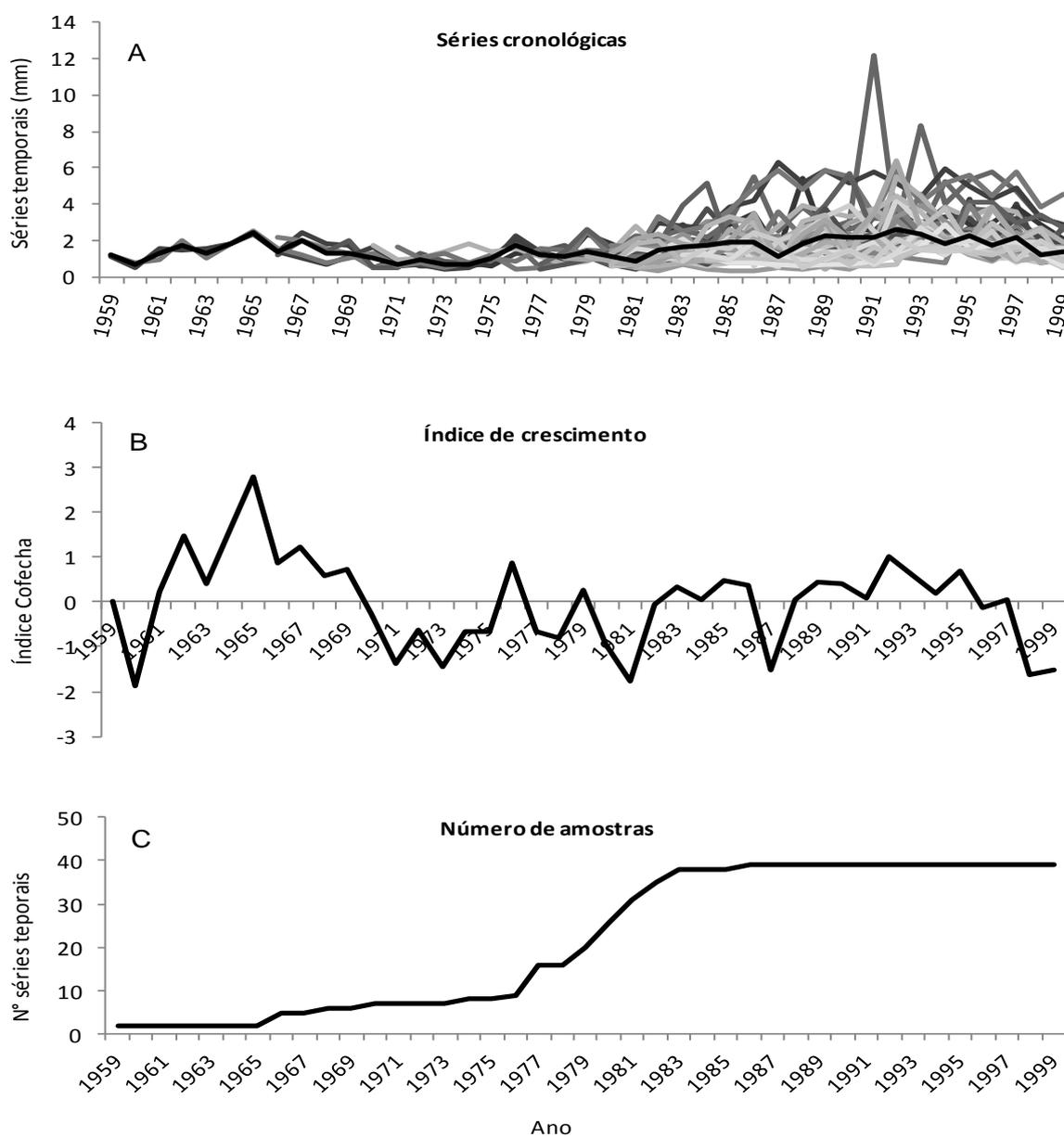


FIGURA 6 - Síntese da sincronização: a) Séries cronológicas sincronizadas de *S. commersoniana*; b) Índice de largura de anéis de crescimento para *S. commersoniana*; c) Número de amostras utilizadas por período

O fato de as intercorrelações estarem abaixo do ponto crítico para significância dos dados a 99% de probabilidade, está relacionado a dificuldades na determinação do limite dos anéis em algumas porções dos discos (FIGURA 8), em função da formação de falsos anéis, anéis descontínuos ou pouco distintos e a presença frequente de fibras gelatinosas (MENNEGA, 2005; RODRIGUES, 2005; COSMO, 2008; COSMO *et al.*, 2010).

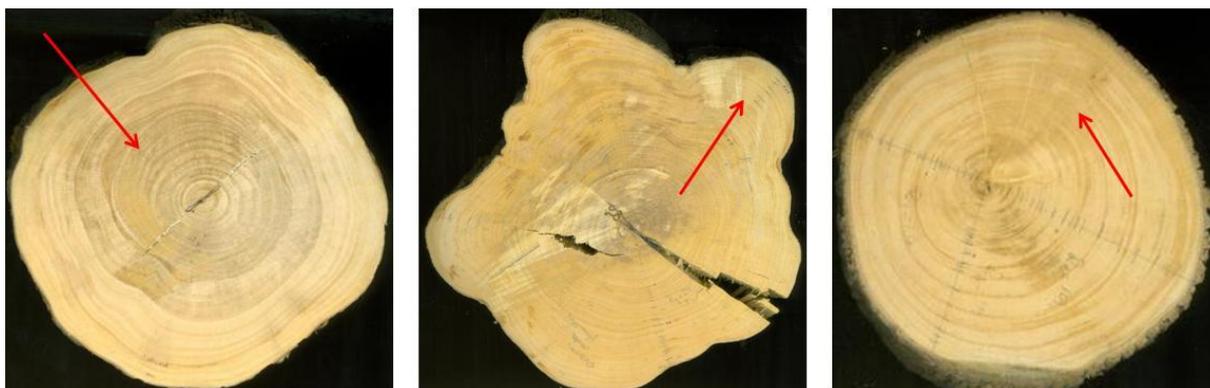


FIGURA 8 - Discos de *Sebastiania commersoniana* com indicação das dificuldades encontradas para a determinação do limite dos anéis. Presença de falsos anéis, formato irregular dos discos, e presença de fibras gelatinosas intra e inter-aneis

Todavia, os resultados de sincronismo encontrados para o branquilha não se distanciam dos apresentados na TABELA 2, para espécies de diferentes unidades fitogeográficas, diferentes grupos ecológicos e decidualidade de folhas.

Assim, cabe analisar que as intercorrelações obtidas com *S. commersoniana* são muito boas, uma vez que se trata de uma espécie sempre verde, sem um período totalmente desprovida de folhas, mas com reposição anual (MILANI, 2013), enquanto, as espécies da TABELA 2, em sua maioria, são espécies decíduas com período marcadamente desprovido de folhas, e esta característica atua como facilitadora na demarcação dos anéis de crescimento (LARCHER, 2004).

Embora as intercorrelações não tenham atingido o ponto de significância, a média de sensibilidade (*mean sensitivity*) foi superior a 0,30 (GRISSINO-MAYER, 2001), indicando que a variabilidade interanual pode estar relacionada à sensibilidade climática (FRITTS, 1971, 1976). Brandes *et al.* (2011), trabalhando com lianas leguminosas na Floresta Atlântica, encontrou valores médios de sensibilidade superiores aos encontrados no presente trabalho. Por sua vez Oliveira (2007),

analisando os anéis de crescimento de *A. angustifolia*, encontrou valores baixos ou intermediários para as suas cronologias.

TABELA 2 - Relação de intercorrelações obtidas em estudos dendrocronológicos conduzidos em diferentes unidades fitogeográficas do Brasil

<b>Autor</b>	<b>Intercorrel. (r)</b>	<b>Espécie</b>	<b>UF*</b>	<b>Local</b>
Andreacci (2012)	0,566	<i>Cedrela fissilis</i>	FOM	PR
Chagas (2009)	0,313	<i>Cedrela fissilis</i>	FOD	PR
	0,445	<i>Hovenia dulcis</i>	FED	SP
	0,471	<i>Persea americana</i>	FED	SP
	0,471	<i>Tabebuia pentaphylla</i>	FED	SP
	0,553	<i>Terminalia catappa</i>	FED	SP
Lobão (2012)	>0,523	<i>C.fissilis e C. orodota</i>	FOD Terra firme	AC
	0,560 - 0,611	<i>Schizolobium parahyba</i>	FOD Terra firme	AC
**Longhi-Santos (2013)	0,472	<i>Sebastiania commersoniana</i>	FOM Aluvial	PR
Rauber (2010)	0,330	<i>Cedrela fissilis</i>	FOM	RS
Rigozo et al. (2012)	0,340	<i>Araucaria angustifolia</i>	FOM	RS
Stepka (2012)	0,570	<i>Cariniana legalis</i>	FED	SP
	0,423	<i>Araucaria angustifolia</i>	FOM	SC
	0,414	<i>Araucaria angustifolia</i>	FESD	SC
	0,452	<i>Araucaria angustifolia</i>	FOM	PR
	0,417	<i>Araucaria angustifolia</i>	FOM	RS
	0,423	<i>Araucaria angustifolia</i>	FOM	PR
	0,420	<i>Araucaria angustifolia</i>	FOM	SC
	0,413	<i>Cedrela fissilis</i>	FOM	SC
	0,418	<i>Cedrela fissilis</i>	FESD	SC
	0,430	<i>Cedrela fissilis</i>	FOM	PR
	0,446	<i>Cedrela fissilis</i>	FOM	RS
	0,448	<i>Cedrela fissilis</i>	FOM	PR
	0,412	<i>Cedrela fissilis</i>	FOM	SC
0,428	<i>Ocotea porosa</i>	FOM	SC	
0,420	<i>Ocotea porosa</i>	FOM	PR	
0,443	<i>Ocotea porosa</i>	FOM	PR	

\*Unidade Fitogeográfica.

\*\* Resultados deste estudo (TABELA 1)

Loomans (1993), fazendo a reconstrução de pulsos de inundação no sul do estado de Illinois (EUA), obteve média de sensibilidade de 0,221 e considerou o valor alto, por se tratar de uma área de má drenagem e de grande umidade, mas pondera que o resultado pode refletir o fato de que a planície de inundação é desigual, com bancos de sedimentos e regiões abaciadas, com diferentes padrões de drenagem e influência de enchentes.

Essas variações no terreno, ao longo da vida das plantas, podem ter atuado na formação de falsos anéis, anéis descontínuos e fibras gelatinosas visualizadas

nas amostras. Além disso, em alguns discos era perceptível a presença de máculas nas porções iniciais do lenho, consideradas comuns para a espécie por Rodrigues (2005) e Cosmo *et al.*(2010). Entretanto, Grau (2003) trata da presença de máculas ou outras injúrias mecânicas, em espécies de ambientes aluviais, como resultantes do *stress* fisiológico, mudanças no solo e na topografia, provocados por pulsos de inundação.

Essas diferenças verificadas por Loomans (1993) são também comuns ao fragmento analisado, uma vez que são perceptíveis diferenças micro-topográficas na área, bem como o acúmulo de sedimentos em diferentes porções do terreno, após cada pulso de inundação ou ascensão do lençol freático.

A recorrência de pulsos de inundação e períodos prolongados de enchentes são respostas das características naturais (estrutura geológica e lineamentos) do padrão de um rio, do volume de precipitação da região, da geomorfologia e da vegetação que o envolve. Por outro lado, a vegetação de planícies aluviais é particular e responde às alterações na dinâmica de um rio. Este fato pode ser visualizado na FIGURA 7B, que trata do índice de largura de anéis de crescimento para a cronologia construída para a área de estudo, onde, a partir do final da década de 1960, o índice sofre uma considerável queda, que perdura até o fim da década de 1980, com curtos períodos de recuperação. Esta queda ou sequência de índices negativos de crescimento coincidem com o período de retificação do rio Barigui (DNOS, 1979), que passou de uma condição de curso meandrante para um padrão muito mais retilíneo.

Em função do processo de retificação, grande volume de resíduos foi depositado às margens do rio, formando diques laterais alçados, que acabam por controlá-lo. Se antes a vegetação, submetida aos pulsos de inundação recorrentes, e o conseqüente aporte de sedimentos e nutrientes, era beneficiada, com a retificação do leito passa a não receber mais essa contribuição, ao menos na mesma frequência anterior à intervenção.

Outro aspecto importante a ser considerado é o fato de que, apesar de conter os pulsos de inundação, os diques também impedem que o excesso de água, armazenado pela ascensão do lençol freático ou pelo escoamento das encostas, seja drenado de acordo com a vazão do rio. Este aspecto poderia prolongar o tempo de manutenção da saturação hídrica do solo e eventualmente criar condições de

anoxia ou hipóxia temporária das raízes, o que comprometeria o crescimento das árvores.

É de se presumir que a disponibilidade hídrica, na forma de precipitação ou não, não é necessariamente um fator limitante para o crescimento de espécies em ambientes aluviais, ao menos naqueles onde os períodos de inundações são curtos como é o caso da FOM Aluvial. O crescimento é regido por diversos fatores (SCHWEINGRUBER, 1996) e a standardização permite identificar o quanto do crescimento está atrelado à tendência biológica de crescimento, como pode ser visto na FIGURA 9.

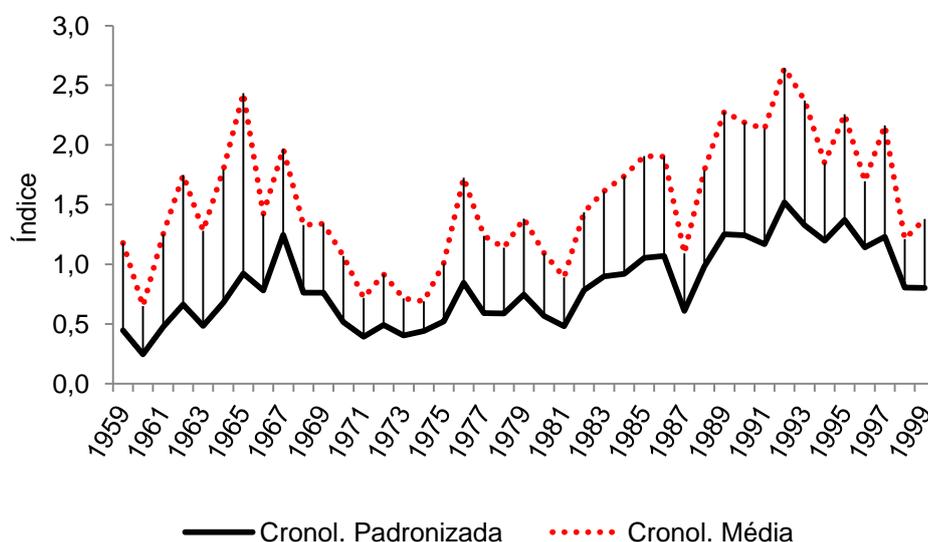


FIGURA 9 - Cronologia padronizada e cronologia média, indicando a variação das tendências biológicas de crescimento de *Sebastiania commersoniana*

*Sebastiania commersoniana* é uma espécie pioneira (CARVALHO, 2003), logo, as taxas de crescimento são maiores que para espécies não pioneiras (SWAINE; WITHMORE, 1988; TUNER, 2004), bem como a longevidade é menor. Este comportamento pode auxiliar na compreensão das curtas séries encontradas para a espécie neste estudo, além da variação entre os dados padronizados e a série média.

A idade das séries temporais analisadas pode também estar relacionada ao período de exploração de madeira nas margens do rio Iguaçu e seus afluentes, para alimentação dos barcos a vapor. Como a retirada de madeira para esta finalidade findou em meados da década de 1950 (BACH, 2006), é possível que o fragmento desta área de estudo também tenha sido explorado, se não para fornecer energia

aos vapores, em alguma prática que necessitou da remoção da vegetação até por volta de 1958.

Conforme citado anteriormente, a disponibilidade hídrica, na forma de precipitação para ambientes aluviais, em tese, não é um fator limitante para o desenvolvimento da espécie. Prova disso pode ser verificada na FIGURA 10, onde apenas a precipitação do mês de janeiro do crescimento corrente é positiva e significativamente correlacionada ao crescimento.

Em termos de precipitação, janeiro historicamente é o mês que acumula o maior volume de chuvas para a região (FIGURA 2), mesmo período em que são registradas as maiores temperaturas. Logo, como trata-se da estação de maior crescimento, fisiologicamente as plantas demandam maior quantidade de água em seus processos (LARCHER, 2004), além do que, com altas temperaturas, aumentam as perdas por respiração.

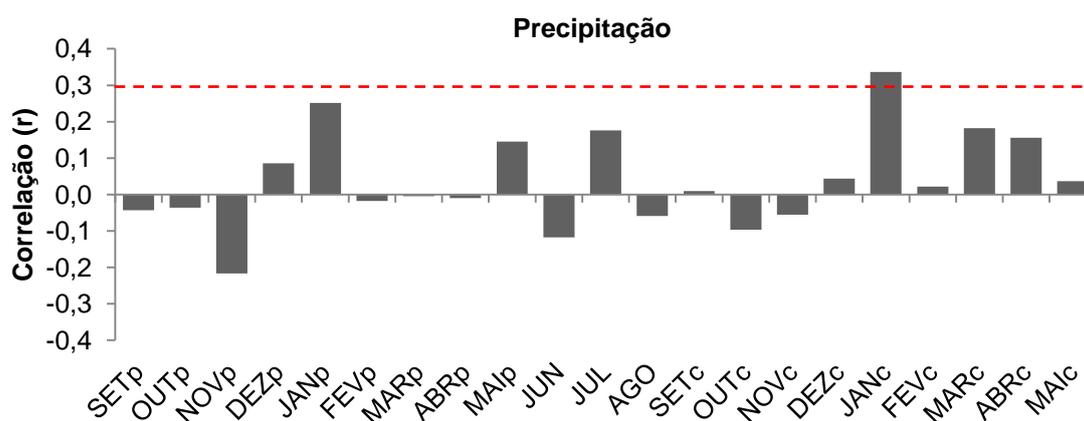


FIGURA 10 - Correlações das séries de índice de largura dos anéis de crescimento das árvores de *Sebastiania commersoniana* com a precipitação mensal acumulada. A Linha vermelha indica a significância dos dados ( $p < 0,05$ )

Oliveira (2007) e Andreacci (2012), quando trabalharam com espécies da Floresta Ombrófila Mista, no Sul do Brasil, também encontraram correlações positivas, porém não significativas, para o crescimento prévio ou corrente com a precipitação.

Schweingruber (1996) considera a temperatura como um dos maiores fatores limitantes ao crescimento das árvores. Por sua vez, as correlações estabelecidas com as temperaturas mínima, média e máxima apresentam maior interação com a série de índice de largura de anéis de crescimento de *S.*

*commersoniana* como pode ser observado na FIGURA 11. A média de temperatura mínima se correlaciona positiva e significativamente em boa parte dos meses, seja com relação ao crescimento prévio ou corrente. Isto indica que altas temperaturas mínimas influenciam positivamente na largura dos anéis de crescimento. Comportamento similar ao verificado por Andreacci (2012), analisando indivíduos de *Cedrela fissilis* Vell. para a região de Curitiba, PR.

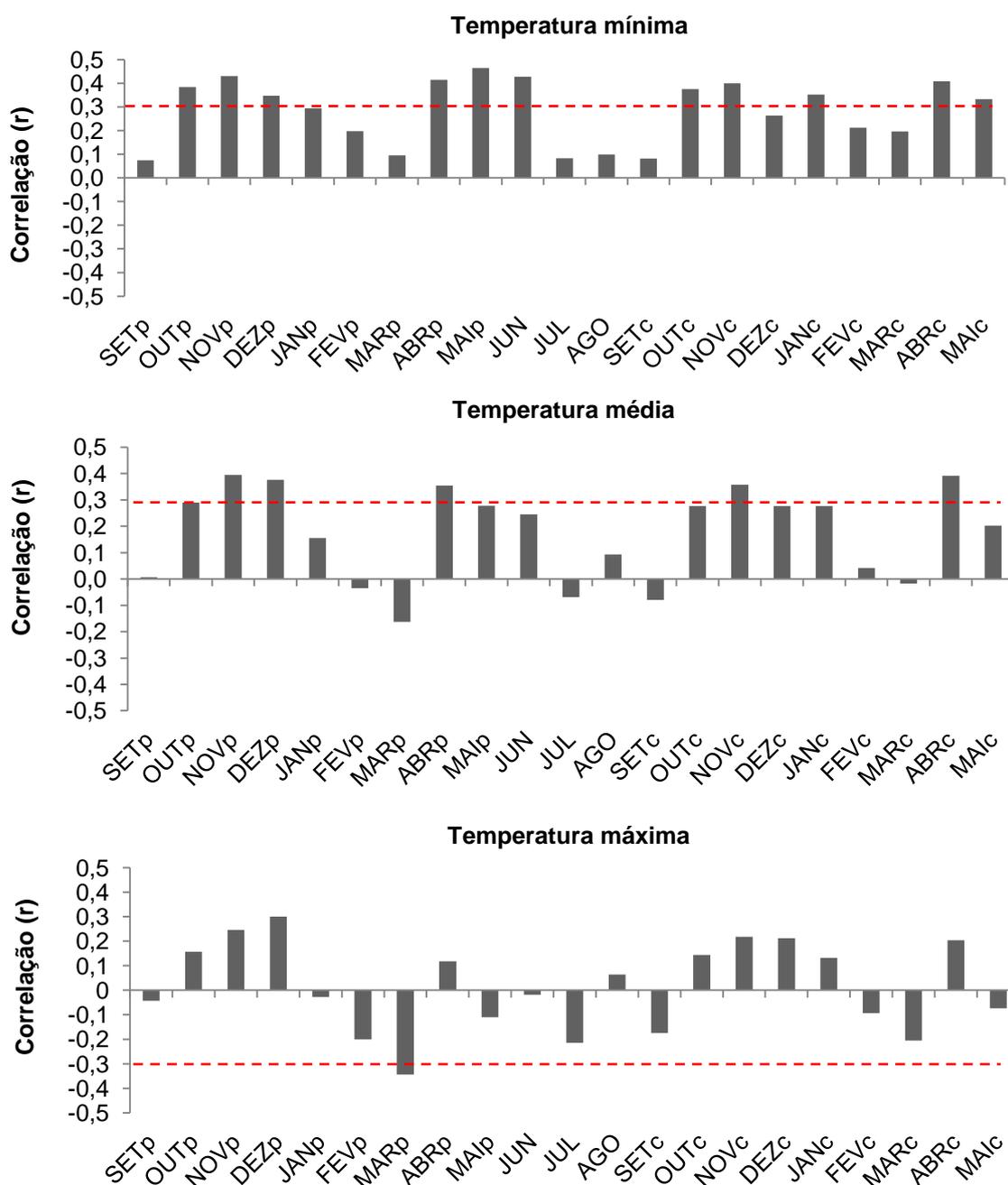


FIGURA 7 - Correlações das séries de índice de largura dos anéis de crescimento das árvores de *Sebastiania commersoniana* com as médias mensais de temperatura. A Linha vermelha indica a significância dos dados ( $p < 0,05$ )

Já para temperatura máxima, as altas temperaturas do mês de março, prévio ao período de crescimento, apresentam correlação negativa e significativa com o crescimento, repetindo a tendência no período corrente, entretanto sem significância estatística. Além disso, o período correspondente a retomada de crescimento das árvores, apresentam correlações positivas com a temperatura (mínima, média ou máxima), indicando a influencia direta desta variável no crescimento de branquilha, também verificado por Kanieski *et al.* (2012).

## CONCLUSÕES

A possibilidade de analisar a vegetação, em regiões subtropicais, a partir de estruturas anatômicas formadas com periodicidade conhecida como é o caso dos anéis de crescimento de *Sebastiania commersoniana*, torna-se uma ferramenta importante à compreensão da dinâmica dos ambientes florestais, bem como da autoecologia de suas espécies.

Contrariando a ideia de que estudos dendrocronológicos só poderiam ser desenvolvidos em regiões onde a sazonalidade climática fosse fortemente marcada, a sincronia dos dados das séries cronológicas de branquilha apresentaram bons resultados e demonstra a existência de um sinal comum, ainda que não se tenha atingido o ponto crítico para significância estatística.

A média de sensibilidade para a cronologia proposta é alta, indicando que a diferença na largura de anéis de um ano para outro está relacionado à sensibilidade climática da espécie.

O comportamento do índice de largura de crescimento a partir da metade da década de 1960, com registro de longos períodos negativos, coincide com o período de retificação do rio Barigui, e pode indicar que a mudança do leito do rio alterou a dinâmica de crescimento das espécies, em especial, dos indivíduos de *S. commersoniana*.

A idade dos indivíduos amostrados, que compuseram a cronologia é compatível com o esperado para espécies pioneiras. Há também o indicio de que de o histórico de uso da madeira dos ambientes aluviais no estado do Paraná, tenha influência sobre a faixa etária das amostras.

Verificou-se que a temperatura, sobremaneira a média mínima, pode ser considerada determinante no crescimento secundário das árvores, resultado da ativação e dormência do câmbio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREACCI, F. **Atividade cambial, fenologia vegetativa e ritmo de crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. em áreas de Florestas Ombrófilas Mista e Densa do estado do Paraná: aspectos dendrocronológicos e dendroecológicos.** 56 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BAAS, P.; VETTER, R. E. Growth rings in tropical trees. **IAWA Bull. (Special Issue)**, n. 10, p. 95–174, 1989.

BACH, A. M. **Vapores.** Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2006. 493p.

BARDDAL, M. L. **Aspectos florísticos e fitossociológicos do componente arbóreo-arbustivo de uma floresta ombrófila mista aluvial - Araucária, PR.** 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R.; AB'SABER, A.N. Origem e ambiente de deposição da Bacia de Curitiba. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n.4/5, p.71-81, 1961.

BONINSEGNA, J. A.; ARGOLLO, J.; ARAVENA, J. C.; BARICHIVICH, J.; CHRISTIE, D.; FERRERO, M. E.; LARA, A.; LE QUESNE, C.; LUCKMAN, B. H.; MASIOKAS, M.; MORALES, M.; OLIVEIRA, J. M.; ROIG, F.; SRUR, A.; VILLALBA, R. Dendroclimatological reconstructions in South America: a review. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 281, n. 3-4, p. 210–228, ago. 2009.

BRANDES, A. F. N.; LISI, C. S.; BARROS, C. F. Dendrochronology of lianas of the Leguminosae family from the Atlantic Forest, Brazil. **Trees**, Berlin, v. 25, p. 133-144, 2011.

BUCH, H. E. R. **Matas ciliares e degradação da paisagem da área lindeira do Médio Iguaçu em relação à educação ambiental.** 110 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

CALLADO, C. H.; SILVA NETO, S. J.; SCARANO F. R.; COSTA, C. G. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic rainforest in Rio de Janeiro. **Trees**, v. 15, p. 492-497, 2001.

CARPANEZZI, A. A. **Zoneamento ecológico econômico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Brasília, DF: EMBRAPA-DDT; Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1986. 89 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 17).

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003, v. 1, p.247-253.

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

COOK, E. R.; HOLMES, R. L. **Program ARSTAN users manual**. Tucson: The University of Arizona Press, 1984.

COOK, E. R.; KAIRIUKSTIS, L. A. **Methods of dendrochronology: applications in the environmental science**. Amsterdam: Kluwer, 1990.

COX, C.B.; MOORE, P. D. **Biogeografia: uma abordagem evolucionária**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

COSMO, N. L. **Anatomia ecológica e crescimento do lenho de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs, em diferentes condições geomorfológicas e pedológicas da planície do rio Iguaçu-PR**. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

COSMO, N. L.; KUNIYOSHI, Y. S.; BOTOSSO, P. C. Anatomia da madeira de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae): aspectos funcionais e ecológicos. **Acta Bot. Bras.**, v. 24, n. 3, p. 747-755, 2010.

COSTENARO, G. A. R. **Análise de crescimento de uma população de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) L.B. Sm & R. J. Downs (Euphorbiaceae) em uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial**. 29 f. Relatório (Iniciação Científica em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CURCIO, G. R. **Relações entre geologia, geomorfologia, pedologia e fitossociologia nas planícies fluviais do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. 488 f. Tese

(Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CURCIO, G. R.; GALVÃO, F.; BONNET, A.; BARDDAL, M. L.; DEDECEK, R. A. A floresta fluvial em dois compartimentos do rio Iguaçu, Paraná, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 2, p. 125-147, 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS E SANEAMENTO – DNOS. **Rio Barigüi: canalização e regularização**. Curitiba, 1979.

DÜNISCH, O.; MONTÓIA, V. R.; BAUCH, J. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the Central Amazon. **Trees**, Heidelberg, v. 17, n. 3, p. 244-250, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306p.

FILL, H. D. et al. Balanço hídrico da bacia do Rio Barigüi, PR. **RA´E GA - O espaço geográfico em análise**, Curitiba, n. 9, p. 59-67, 2005.

FRITTS, H. C. Dendroclimatology and dendroecology. **Quaternary Research**, v. 1, p. 419–449, 1971.

FRITTS, H. C. **Tree rings and climate**. London: Academic Press, 1976.

FUNPAR - Fundação da Universidade Federal do Paraná para o Desenvolvimento da Ciência, da Tecnologia e da Cultura. **Diagnóstico e monitoramento da cobertura vegetal da área de influência direta e indireta do vazamento de óleo da refinaria Presidente Getúlio Vargas - REPAR, Araucária / PR: Fase I - Diagnóstico**. UFPR, Curitiba, 2001, 82 p.

GRAF NETO, J. **Crescimento, recrutamento e mortalidade no período de 2001-2010 de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, município de Araucária, Paraná**. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

GRAU, H. R.; EASDALE, T.A.; PAOLINI, L. Subtropical dendroecology-dating disturbances and forest dynamics in northwestern Argentina montane ecosystems. **Forest Ecology and Management**, v. 177, p. 131-143, 2003.

GRISSINO-MAYER, H. D. Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. **Tree-Ring Research**, v. 57, n. 2, p. 205-221, 2001.

GOOGLE EARTH. **Rio Barigui entre os municípios de Araucária e Curitiba, PR**: Imagem aérea. Curitiba, 2012.

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

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS (ITCG). **Bacia hidrográfica do rio Barigui**: Foto aérea em 15 de julho de 1953. Curitiba, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1992. 92p. (Manuais Técnicos em Geociências, n.1).

JIMENEZ, J. A. G. Dendrocronología en el trópico: Aplicaciones actuales y potenciales. **Colombia forestal**, v. 14, n. 1, p. 97-111, jan./jun. 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S012007392011000100009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012007392011000100009&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 03/09/2012.

KANIESKI, M.R.; SANTOS, T.L.; GRAF NETO, J.; SOUZA, T.; GALVÃO, F.; RODERJAN, C.V. Influência da precipitação e da temperatura no incremento diamétrico de espécies florestais aluviais em Araucária-PR. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 1, p. 17-25, 2012.

KLEIN, R. M.; HATSCHBACH, G. Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica do município de Curitiba e arredores. **Boletim da Universidade Federal do Paraná - Geografia Física**, Curitiba, n.4,p. 1-30, 1962.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2004.

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

LOBÃO, M.S. **Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. E *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Hub. ExDucke, no estado do Acre, Brasil.** 216 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

LOPES, O. F.; CHODUR, N. L. Associação Vulcânica Campo Alegre-Guaratubinha-Guabirota (PR-SC). In: I Simpósio Sobre Vulcanismo e Ambientes Associados, 1999, Gramado - RS. **Anais do I Simpósio Sobre Vulcanismo e Ambientes Associados**, Gramado – RS, 1999. v. 1. p. 36-37

LOOMANS, S.M. **Flood reconstruction in Southern Illinois using tree rings.** 87f. Thesis (Master of Science in Geography) – University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, 1993.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná.** 2. ed. Curitiba: Ed. Olympio, 1981.

MAACK, R. Breves Notícias Sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Braz. Arch. Biol. Technol.**, v. jubileu (1964-2001), p. 169-288, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132001000500010>> Acesso em: 20/03/2010.

MENNEGA, A. M. W. Wood anatomy of the subfamily Euphorbioideae: a comparison with subfamilies Crotonoideae and Acalyphoideae and the implications for circumscription of the Euphorbiaceae. **IAWA Journal**, v. 26, n. 1, p. 1-68, 2005.

MILANI, J.E.F. **Comportamento fenológico de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial – Araucária, PR.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

OLIVEIRA, J. M. **Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze:** Bases de dendroecologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil. 139 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

PASDIORA, A. L. **Florística e fitossociologia de um trecho de floresta ripária em dois compartimentos ambientais do rio Iguaçu, Paraná, Brasil.** 49 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

RAUBER, R.C. **Dendroecologia de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) em um ecótono de Florestas Subtropicais Montanas no Brasil.** 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

RIGOZO, N.R. Solar-Terrestrial Signal Record in tree ring width time series from Brazil. **Pure and Applied Geophysics**. v.169. p.2181-2191, 2012.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACK, G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, p. 75-92, jan./jun. 2002.

RODRIGUES, T. T. **Os efeitos do solo contaminado com petróleo na estrutura anatômica e estado nutricional do lenho jovem de *Campomanesia xanthocarpa* Berg (Myrtaceae) e *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae).** 154 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

ROZENDAAL, D. M. A.; ZUIDEMA, P. A. Dendroecology in the tropics: a review. **Trees Struct. Funct.**, v. 25, p. 3–16, 2011.

SEITZ, R. A.; KANNINEN, M. Tree ring analysis of *Araucaria angustifolia* in southern Brazil: Preliminary results. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n. 2, p. 170-174, 1989.

SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M. T. F.; LUDWIGSHAUSEN, S.; HORNA, V.; WORBES, M. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**, n. 18, p. 581-597, 2002.

SCHULMAN, E. **Dendroclimatic changes in Semiarid America.** University of Arizona Press, Tucson, 1956.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree-rings and environment dendroecology.** Vienna: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt, 1996. 609 p.

SOCHER, L. G. **Dinâmica e biomassa aérea de um trecho de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária, Paraná.** 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

STEPKA, T. F. **Modelagem do crescimento e dendrocronologia em árvores nativas de *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* e *Ocotea porosa* no sul do Brasil**. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetation**, v. 75, p. 81-86, 1988.

TOMAZELLO FILHO, M.; ROIG, F. A.; ZEVALLOS POLLITO, P. A. Dendrocronología y dendroecología tropical: marco histórico y experiencias exitosas em los países de América Latina. **Ecología en Bolivia**, La Paz, v. 44, n. 2, p. 73-82, out. 2009.

TROPPEMAIR, H. Perfil fitoecológico do Estado do Paraná. **Bol. Geogr. UEM**, v. 8, n. 1, p. 67-80, 1990.

TURNER, I. M. **The Ecology of Trees in the Tropical Rainforest**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2004. 298p.

VELOSO, H. P. Sistema fitogeográfico. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992.

WORBES, M. One hundred years of tree-ring research in the tropics - a brief history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, München, v. 20 v. 1-2, p. 217-231, 2002.