

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA COMPARADA

DANIEL RODRIGO MONTANHER

Aspectos dendrocronológicos de três espécies arbóreas
nas áreas alagáveis do Alto Rio Paraná

Maringá
2012

DANIEL RODRIGO MONTANHER

Aspectos dendrocronológicos de três espécies arbóreas
nas áreas alagáveis do Alto Rio Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia das Interações Orgânicas.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antonio de Souza

Co-Orientador: Prof. Dr. Jochen Schöngart

Maringá
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

M764a Montanher, Daniel Rodrigo
Aspectos dendrocronológicos de três espécies
arbóreas nas áreas alagáveis do alto rio Paraná /
Daniel Rodrigo Montanher. -- Maringá, 2012.
62 f. : figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio de Souza.
Coorientador: Prof. Dr. Jochen Schöngart.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Biológicas, Programa de
Pós-Graduação em Biologia Comparada, 2012.

1. Dendrocronologia. 2. Dendroecologia. 3. Pulso
de Inundação - Planície de inundação - Alto rio
Paraná. 4. *Nectandra falcifolia*. 5. *Inga vera*. 6.
Albizia hassleri. 7. Planície alagável neotropical.
I. Souza, Luiz Antônio de, orient. II. Schöngart,
Jochen, coorient. III. Universidade Estadual de
Maringá. Centro de Ciências Biológicas. Programa de
Pós-Graduação em Biologia Comparada. IV. Título.

CDD 21.ed. 577.3

GVS-001600

FOLHA DE APROVAÇÃO

DANIEL RODRIGO MONTANHER

Aspectos dendrocronológicos de três espécies arbóreas
nas áreas alagáveis do Alto Rio Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia das Interações Orgânicas pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Luiz Antonio de Souza
Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Dr. Paulo Cesar Botosso
Embrapa Florestas

Prof. Dr. Celso João Rubin Filho
Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 28 de agosto de 2012.

Local de defesa: Sala 205, Bloco G80, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Dedico este trabalho a minha
família, em especial a minha mãe,
Dolores, por seu amor e apoio.

AGRADECIMENTOS

Compartilho a mesma ideia dos pesquisadores Dieter Eckstein, Ute Sass e Pieter Baas, expressa no prefácio da publicação do IAWA Journal 16, volume 4 de 1995, intitulado Growth Periodicity in Tropical Trees: “De fato, o evento não foi organizado por instituições, mas sim por seres humanos”. Durante a elaboração deste trabalho, contei com o apoio não de instituições, mas sim de pessoas. Obviamente instituições são importantes, é o meio pela qual as pessoas exercem suas funções e influencias, ainda assim as instituições não podem propiciar, cobrar, advertir, corrigir, colaborar ou elogiar, este é o papel das pessoas, das quais citadas abaixo devo minha gratidão:

Ao Dr. Wolfgang Johannes Junk (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas), Dra. Catia Nunes da Cunha (Universidade Federal de Mato Grosso) e Dr. Jochen Schöngart (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia / Instituto Max Planck de Química) pela colaboração e viabilização de recursos, via Instituto Nacional de Áreas Úmidas (INCT-INAU).

Ao Dr. Angelo Antonio Agostino e Dra Maria Conceição de Souza (Universidade Estadual de Maringá) pela colaboração e disposição de recursos, via PELD (Programa de Estudos de Longa Duração) e NUPÉLIA (Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura); aos motoristas, barqueiros e companheiros de coletas, Valdenir, Gazo, Alfredo e Tião.

À Dra Sônia Maria Alves Pinto Prioli, coordenadora, a Dra. Carmen Lúcia Rocha, vice-coordenadora e Márcia Helena Leonel, do curso de pós-graduação em Biologia Comparada (Universidade Estadual de Maringá), responsáveis por dirimir as dúvidas pertinentes às questões práticas e de funcionamento do curso.

Ao Dr. Luiz Antonio de Souza (Universidade Estadual de Maringá), por conduzir a orientação de forma serena, porém firme, além de ser um exemplo de orientador.

Ao Dr. Jochen Schöngart pela co-orientação, executada de forma impecável, além de inculcar o apreço e entusiasmo pela dendrocronologia.

Aos parceiros de pesquisas, Patrícia Tiemi Leite, Sejana Artiaga Rosa, Cândida Pereira Costa e Eliane Silva Batista do Laboratório de Dendroecologia dos Biomas de Centro-Oeste Brasileiro da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e do Laboratório de Dendroecologia do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

Ao Sr. Alaor Moacyr Dell'Antonia Junior, coordenador geral do setor de Agrometeorologia, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e ao Sr. Edmirson Borrozzino, coordenador do setor de Agrometeorologia do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), pela disponibilização de dados climáticos utilizados neste estudo.

Ao meu irmão, Otávio Cristiano Montanher, pela elaboração da figura 1 do capítulo 1, além das conversas sobre aspectos da geociência.

À minha namorada, Ana Lúcia Veronezzi, pela paciência, respeito, consideração, amizade e amor, além das ajudas diretas a esse trabalho, como o auxílio nas ferramentas estatísticas e nas coletas de campo, minha companheira para todas as horas.

“No entanto, devemos estar preparados para abandonar nossas teorias caso não funcionem, mesmo que as consideremos belas e elegantes. Afinal, a Natureza pouco se importa com nossas predileções.”
MARCELO GLEISER (2010), *In: Criação Imperfeita: Cosmo, Vida e o Código Oculto da Natureza.*

Nesse contexto,

*“A natureza não faz milagres,
Faz revelações.”*

CARLOS DRUMMOND DE ANDRADE

Aspectos dendrocronológicos de três espécies arbóreas nas áreas alagáveis do Alto Rio Paraná

RESUMO

A dendrocronologia é atualmente a ciência que obtém melhores resultados em reconstruções ambientais, devido a sua resolução anual. O cenário atual desta ciência se iniciou no século 20, na Europa e Estados Unidos. No entanto, estudos dendrocronológicos realizados em regiões tropicais foram tidos como inviáveis, devido ao teórico crescimento contínuo das árvores nessa região, mesmo que pesquisadores comprovassem a anualidade dos anéis de crescimento em espécies tropicais, desde 1860. Os fatores que desencadeiam a formação de anéis de crescimento são a variação sazonal de temperatura, precipitação, alagamento (em planícies alagáveis) e salinidade em mangues. A bacia hidrográfica do Rio Paraná é a que tem a maior capacidade de geração de energia elétrica implantada, contando com mais de 150 usinas e gerando 60 % da produção total energética do país. A planície alagável do Alto Rio Paraná se estendia por aproximadamente 480 km, porém, devido à construção da barragem da hidroelétrica de Porto Primavera, grande parte desse sistema foi permanentemente alagado, desencadeando alterações nos parâmetros hidrológicos, como o controle do pulso de inundação, fator determinante do funcionamento do ecossistema palustre, sendo o mais influenciado. Estudos que avaliem o efeito deste tipo de regulação são ausentes em planícies alagáveis tropicais. Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo verificar qual é o fator ambiental que modula o crescimento de três espécies arbóreas potenciais: *Nectandra falcifolia*, *Inga vera* e *Albizia hassleri*, e se podem ser utilizadas para verificar a influência de barragens no crescimento vegetativo destas espécies. Utilizando a metodologia tradicional em estudos dendrocronológicos, foram obtidas as trajetórias de crescimento para *Inga vera* e *Albizia hassleri*, e a cronologia para *Albizia hassleri* para correlações com variáveis ambientais. *Albizia hassleri* apresentou respostas as variáveis hidrológicas, mas também a algumas variáveis de anomalias de temperaturas superficiais de oceanos. *Inga vera* e *Nectandra falcifolia* não puderam ser utilizadas devido a problemas de baixa intercorrelação entre os indivíduos e na delimitação do anel de crescimento. Os resultados encontrados impossibilitaram a reconstrução das variáveis hidrológicas e da influência de barragens no crescimento em diâmetro das espécies analisadas. No entanto, *Albizia hassleri* pode ser utilizada em outros estudos que necessitem de dados dendrocronológicos, como em produtividade primária, estoques de carbono e dinâmica florestal.

Palavras-chave: Dendrocronologia. Dendroecologia. Pulso de Inundação. *Nectandra falcifolia*. *Inga vera*. *Albizia hassleri*. Planície alagável neotropical.

Dendrochronological aspects of three tree species in Upper Paraná River floodplain

ABSTRACT

Dendrochronology is the science that currently obtains better results in environmental reconstructions, due to its annual resolution. The current scenario of this science began in the 20th century in Europe and the United States. However, dendrochronological studies conducted in tropical regions were considered unfeasible due to the theoretical continuous growth of the trees in this region, even though researchers proving the annuality of tree rings in tropical species since 1860. The factors that trigger the formation of tree rings are the seasonal variation in temperature, precipitation, flooding (in floodplains) and salinity in mangroves. The Paraná River basin is the one that has the greatest capacity of power generation in place, with more than 150 power plants and generating 60% of total production of the country's energy. The floodplain of the Upper Paraná River stretched for about 480 km, but due to the construction of the hydroelectric dam Porto Primavera, much of this system was permanently flooded, triggering changes in hydrological parameters, such as control of the flood pulse, factor determinant of paludal ecosystem functioning, being the most affected. Studies assessing the effect of this type of regulation are absent in tropical floodplains. In this context, this paper aims to ascertain the environmental factor that modulates the growth of three tree species potential: *Nectandra falcifolia*, *Inga vera* and *Albizia hassleri*, and can be used to check the influence of dams on the vegetative growth of these species. Using the traditional method for dendrochronological studies, was obtained the growth trajectories for *Inga vera* and *Albizia hassleri*, and chronology for *Albizia hassleri* for correlations with environmental variables. *Albizia hassleri* showed responses to hydrologic variables, but also some of ocean's surface temperature anomalies variables. *Inga vera* and *Nectandra falcifolia* could not be used due to problems of low intercorrelation between individuals and the delimitation of the tree rings. The results prevented the reconstruction of hydrological variables and the influence of dams on the diameter growth of the species analyzed. However, *Albizia hassleri* can be used in other studies that require dendrochronological data, as in primary productivity, carbon stocks and forest dynamics.

Keywords: Dendrochronology. Dendroecology. Flood pulse. *Nectandra falcifolia*. *Inga vera*. *Albizia hassleri*. Neotropical floodplain.

LISTA DE FIGURAS

	Descrição	Pag.
<hr/>		
Capítulo 1		
Figura 1	Bacia Hidrológica do Rio Paraná e Rio Paranapanema.	13
Figura 2	Planície de inundação do alto Rio Paraná e as áreas de conservação da planície	15
Figura 3	Localização das principais hidroelétricas da bacia do Rio Paraná em território brasileiro.	16
<hr/>		
Capítulo 2		
Figura 1	Planície de Inundação do alto Rio Paraná e área de coleta.	36
Figura 2	Balanço hídrico normal, estação de Ivinhema.	36
Figura 3	Média mensal da cota fluviométrica da estação de Porto São José – PR.	38
Figura 4	Duração da fase aquática, nas diferentes cotas de inundação, em dias por ano.	39
Figura 5	Médias mensais da cota fluviométrica da estação de Porto São José, PR.	39
Figura 6	Médias mensais de temperatura e precipitação de Ivinhema-MS; e cota de inundação da estação fluviométrica de Porto São José, PR.	40
Figura 7	Temperatura média anual de Ivinhema, MS.	40
Figura 8	Padrões anatômicos: (1) <i>A. hassleri</i> , (2) <i>I. vera</i> e (3) <i>N. falcifolia</i> .	41
Figura 9	Trajetórias de crescimento em diâmetro de <i>A. hassleri</i> .	42
Figura 10	Trajetórias de crescimento em diâmetro de <i>I. vera</i> .	42
Figura 11	Taxas de incremento corrente de <i>A. hassleri</i> .	43
Figura 12	Correlação entre temperatura média anual e a cronologia de <i>A. hassleri</i> .	44
Figura 13	Correlação entre temperaturas mensais com séries de anéis de crescimento de <i>A. hassleri</i> .	44
Figura 14	Correlações da precipitação mensal com as séries de anéis de crescimento de <i>A. hassleri</i> .	45
Figura 15	Correlação entre a cronologia de <i>A. hassleri</i> e a precipitação do mês de Abril.	45
Figura 16	Correlação entre a cronologia de <i>A. hassleri</i> e a duração da fase aquática com a cota de inundação de 4,5 metros.	46
Figura 17	Correlação entre a cronologia de <i>A. hassleri</i> e a cota média de alagamento.	46
Figura 18	Coeficientes de correlação de SST's e cronologia de <i>A. hassleri</i> .	47
Figura 19	Correlação entre cronologia de <i>A. hassleri</i> e Oscilação Decadal do Pacífico (PDO).	47
Figura 20	Correlação entre cronologia de <i>A. hassleri</i> e anomalia de temperatura do Atlântico Tropical Norte (ATLN).	48
Figura 21	Correlação entre de <i>A. hassleri</i> e o índice previsto pela regressão múltipla.	49

LISTA DE TABELAS

	Descrição	Pag.
Tabela 1	Valores da regressão parcial entre SST's e a cronologia de <i>A. hassleri</i> .	48

SUMÁRIO

Capítulo 1

1. Introdução	12
2. Revisão bibliográfica	
2.1. A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná	13
2.1.1. Localização e Contexto Geomorfológico	13
2.1.2. Características da Vegetação.	16
2.2. Represamentos e suas Influências.....	17
2.3. Dendrocronologia	20
2.3.1. Dendroclimatologia.....	21
2.3.2. Dendroidrologia.	21
2.3.3. Perspectivas para Dendrocronologia.....	22
3. Referências.....	24
Capítulo 2	30
Análise dos Anéis de Crescimento de Três Espécies Arbóreas na Planície Alagável do Alto Rio Paraná, Sudoeste do Brasil.....	31
Anexo	57

CAPÍTULO 1

Revisão Bibliográfica

1. Introdução

A bacia hidrográfica do alto Rio Paraná supera $8,02 \times 10^5 \text{ km}^2$ (a montante de Guaíra). Desta área, aproximadamente $6,8 \times 10^5 \text{ km}^2$, são equivalentes à soma da bacia do Rio Paraná e da bacia do Rio Paranapanema, a montante da estação fluviométrica de Porto São José. O rio Paraná apresentava uma planície alagável que se estendia por cerca de 480 km, especialmente em sua margem direita. Cerca de metade desta planície, entretanto, foi subtraída pelo reservatório da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera, formado no final de 1998 (PELD 2009). Este trecho, o último livre de barramento no Rio Paraná, apresenta baixa declividade (0,09 cm/km), conferindo grande acúmulo de sedimentos no leito do rio, originando barras e ilhas de pequeno e grande porte. (AGOSTINHO et al., 1994, PELD 2009). A bacia do Rio Paraná é a maior produtora de energia elétrica, devido as mais de 150 usinas hidroelétricas instaladas (VAZZOLER et al., 1997; STEVAUX et al., 2009).

A vegetação é dominada pela formação Floresta Estacional Semidecidual, porém após anos de desmatamento, atualmente a paisagem é composta por fragmentos florestais imersos em uma matriz agrícola (CAMPOS 1999, IBGE 2004). Inúmeras espécies foram exploradas até a extinção local, e devido ao gradiente de umidade presente na planície de inundação, a composição florística era diferenciada, com espécies menos tolerantes ocorrendo em cotas mais altas (CAMPOS; SOUZA, 1997; SOUZA, 1998; CAMPOS, 2000; CORRADINI et al., 2008).

Atualmente todos os continentes têm represas nos principais rios, gerando impactos em grande parte negativos, mas também muitos positivos (NILSSON et al., 2005; TUNDISI; TUNDISI, 2008). No entanto, a ausência de longas séries históricas de registros de variáveis ambientais dificulta a avaliação quantitativa destes impactos. A dendrocronologia explora os registros contidos nas árvores, e dessa forma pode ser utilizada na reconstrução destas variáveis ambientais (FRITTS, 1976, SCHWEINGRUBER, 1996). A dendroclimatologia tem foco na relação das variáveis ambientais, por exemplo, precipitação, temperatura, oscilações de temperaturas oceânicas, em escalas regionais e globais com o crescimento em diâmetro das árvores (FRITTS, 1976; SCHÖNGART et al., 2004; AKKEMIK et al., 2008; COOK et al., 2010). Já a dendrohidrologia avalia como os corpos hídricos influenciam o crescimento arbóreo (WORBES, 1995; SCHWEINGRUBER, 1996; SCHÖNGART et al., 2004).

Utilizando indivíduos que estão sob influência sazonal do alagamento, de três espécies potenciais para estudos dendrocronológicos (*Nectandra falcifolia*, *Inga vera* e *Albizia hassleri*), esta pesquisa avaliou quais variáveis ambientais, como precipitação, temperatura, inundação sazonal e variações de temperaturas superficiais oceânicas modulam o crescimento em diâmetro e se podem ser utilizadas para reconstrução do pulso de inundação (JUNK et al., 1989) e para verificação da influência das barragens de hidroelétricas no crescimento arbóreo.

2. Revisão bibliográfica

2.1. A Planície de Inundação do alto Rio Paraná

2.1.1. Localização e contexto geomorfológico

O Rio Paraná, principal rio da bacia do Plata, é o décimo maior do mundo em vazão, e o quarto em área de drenagem ($5,0 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{ano}$; $2,8 \times 10^6 \text{ km}^2$, respectivamente) (PETRI; FULFARO, 1983). A bacia hidrográfica do alto Rio Paraná supera $8,02 \times 10^5 \text{ km}^2$ (a montante de Guaíra). Desta área, aproximadamente $6,8 \times 10^5 \text{ km}^2$, são equivalentes à soma da bacia do Rio Paraná e da bacia do Rio Paranapanema, a montante da estação fluviométrica de Porto São José (fig. 1).

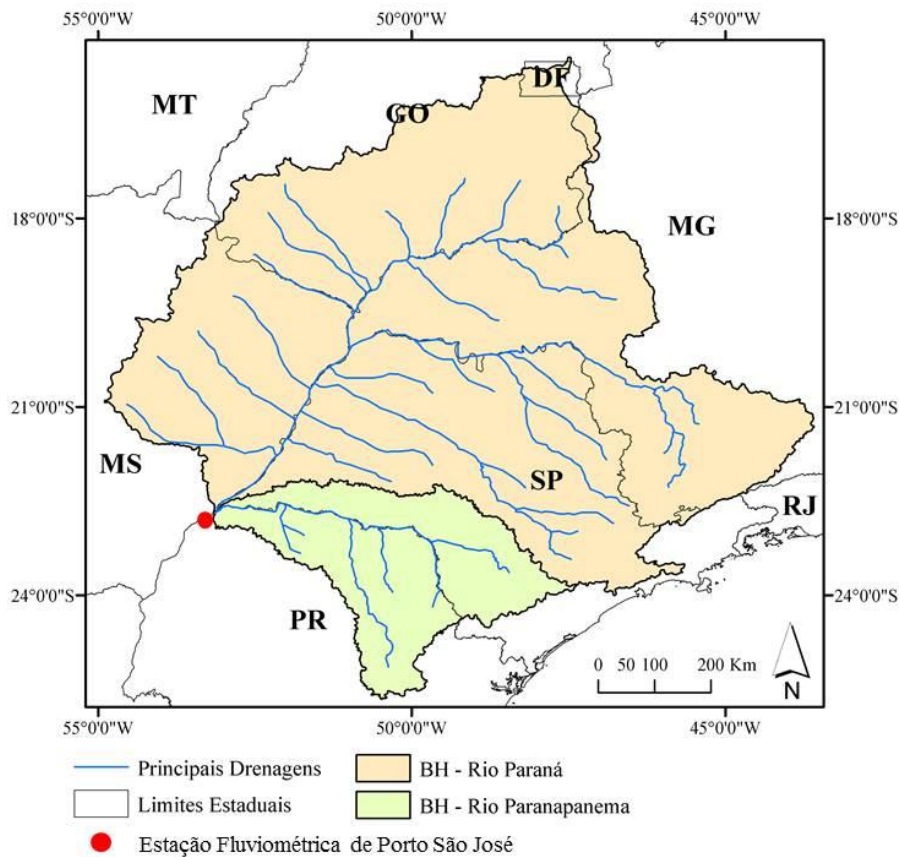


Figura 1: Bacia Hidrológica do Rio Paraná e Rio Paranapanema.

O alto Rio Paraná apresentava, a partir de Três Lagoas (MS), uma planície alagável que se estendia por cerca de 480 km, especialmente em sua margem direita. Cerca de metade desta planície, entretanto, foi subtraída pelo reservatório da Usina Hidrelétrica de Porto

Primavera, formado no final de 1998. A construção da Hidrelétrica de Ilha Grande, atualmente suspensa, eliminaria o último trecho livre de barramentos do Rio Paraná como ambiente lótico (PELD 2009).

O segmento da bacia do Rio Paraná compreendido pela Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná, (Decreto de 30 de setembro de 1997, área 1.000×10^3) (fig. 2) constitui-se no último trecho não represado do Rio Paraná em território brasileiro. Nesse trecho, o rio apresenta um amplo canal anastomosado, com reduzida declividade (0,09 m/km), ora com extensa planície aluvial e grande acúmulo de sedimento em seu leito, dando origem a barras e pequenas ilhas (mais de 300), ora com grandes ilhas e planície alagável mais restrita (AGOSTINHO et al., 1994).

A região de Porto Rico, onde se encontra a Base Avançada do Nupélia (Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura), está imediatamente à jusante da barragem de Porto Primavera e aproximadamente a 200 km a montante do remanso do reservatório de Itaipu (SOUZA-FILHO; STEVAUX, 1997). Nesta região, a rede de drenagem é constituída, além do rio Paraná, por inúmeras lagoas e pelos afluentes: rio Baía, rio Ivinheima e canal Curutuba, os quais deságuam em um conjunto de canais secundários, formando um complexo contínuo, subparalelo ao rio Paraná, e com diversas ligações a este (fig. 2) (PELD, 2009).

Geologicamente, a planície de inundação do alto Rio Paraná, na região compreendida entre a foz do Rio Paranapanema e a foz do Rio Ivaí, é caracterizada pela assimetria do vale, sendo que o lado leste (Paraná) é mais elevado, dissecado e com afluentes de pequena ordem. O lado oeste (Mato Grosso do Sul) possui relevo tabular desdobrado em três terraços: Unidade Nova Andradina (Terciário), Unidade Taquaruçu (mais de 40000 anos AP) e Unidade Boa Vista (menos que 40000 anos AP), e a unidade Rio Paraná, que compreende a planície fluvial, com feições típicas de um sistema anastomosado ativo até 1500 anos AP (SOUZA-FILHO; STEVAUX 2004).

Por drenar as regiões mais populosas da América do Sul, os ambientes aquáticos dessa bacia têm sido seriamente afetados pela atividade antrópica. Dentre os impactos mais comuns destacam-se as elevadas cargas de biocidas e nutrientes devido a esgotos domésticos e atividade agrícola, o desmatamento da vegetação ripária e, principalmente, a construção de barragens (AGOSTINHO et al., 2005). De todas as bacias hidrográficas do Brasil é a que possui a maior capacidade instalada de energia elétrica do país, com mais de 150 grandes usinas e responsável por 60% da produção energética do país, destacando-se as usinas de Itaipu e Porto Primavera (VAZZOLER et al., 1997; STEVAUX et al., 2009) (fig. 3).

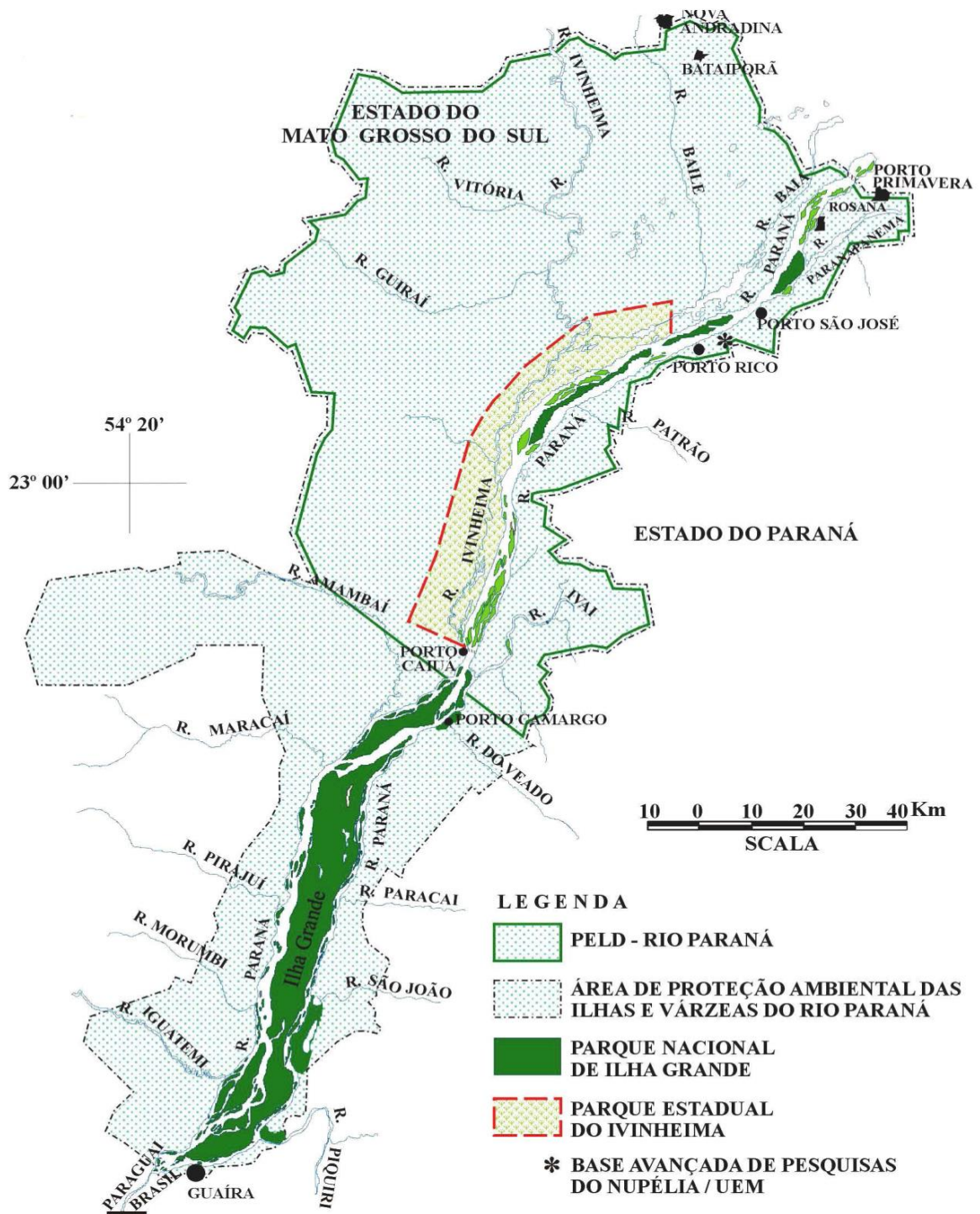


Figura 2: Planície de inundação do alto Rio Paraná e as áreas de conservação da planície. Retirado de ARENAS-IBARRA (2008).

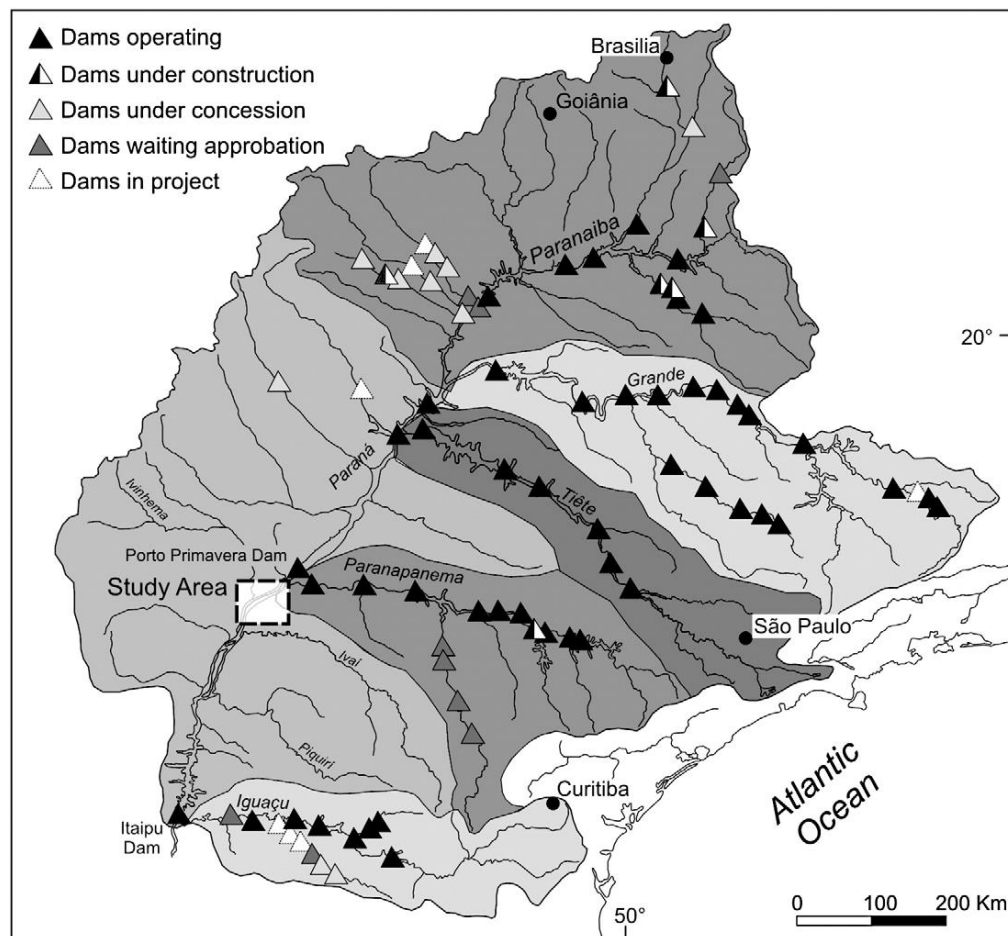


Figura 3: Localização das principais hidroelétricas da bacia do Rio Paraná em território brasileiro. Extraído de STEVAUX et al. (2009).

2.1.2 Características da Vegetação

Originalmente, a planície de inundação do alto Rio Paraná era coberta pela formação vegetal denominada Floresta Estacional Semidecidual (FES) (IBGE, 2004). A paisagem atual é composta por um mosaico agrícola (pastagens e plantações), matas secundárias, e pequenos fragmentos remanescentes da vegetação original (CAMPOS, 1999).

A formação vegetal Floresta Estacional Semidecidual (FES) é conceituada por possuir uma dupla estacionalidade climática, uma tropical com intensas chuvas de verão seguida por um período de estiagem e outra subtropical, sem seca prolongada, mas com efeito de seca fisiológica devido à queda da temperatura. Neste tipo de formação, a porcentagem de espécies que perdem folhas varia de 20% a 50%, por isso a denominação “semidecidual” (IBGE, 1992).

No Paraná, o desmatamento seguiu o sentido leste-oeste, iniciando no litoral e rapidamente chegando ao limite oeste do estado, o Rio Paraná. A expansão da cafeicultura a partir de 1930 foi responsável pela aceleração do processo de desmatamento (CAMPOS, 1999).

Atualmente, resta 1% da cobertura vegetal original no Paraná, e menos de 1% no sul do Mato Grosso do Sul (CAMPOS; SOUZA, 1997), devido a intensas interferências antrópicas, como exploração madeireira seletiva, agricultura e pecuária (CAMPOS, 1999). Os remanescentes florestais atuais podem ser considerados como de regeneração, deplecionados de indivíduos longevos e de espécies madeireiras.

Na margem direita (Paraná), de relevo elevado, ocorria o domínio da formação FES submontana, com predomínio das espécies *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa), perfazendo de 60-80% do estrato emergente, *Apuleia leiocarpa* (grapa), *Machaerium stipitatum* (sapuva), *Peltophorum dubium* (canafístula), *Astronium urundeuva* (guaritá), e outras espécies mais raras como *Cariniana estrellensis* (jequitibá), *Balfourodendron riedelianum* (pau-marfim), *Didymopanax morototoni* (mandioqueiro), *Casearia obtusa* (espeteiro), *Jaracatia spinosa* (jaracatiá), *Anadenanthera colubrina* (angico-branco), *Tabebuia avellanadae* (ipê-roxo), *Myrocarpus frondosus* (cabreúva), *Pterogyne nitens* (amendoim), *Phytolacca dioica* (ceboleiro) e *Gallesia integrifolia* (pau d'álho) (SOUZA, 1998).

Na margem esquerda (Mato Grosso do Sul), de relevo tabular e com planície fluvial desenvolvida, ocorria o domínio da FES aluvial, com ocorrência de espécies como *Gallesia integrifolia* (pau-d'álho), *Tabebuia avellanadae* (ipê roxo), *Copaiba langsdorfii* (copaíba), *Cariniana estrellensis* (jequitibá) nos diques marginais e *Calophyllum brasiliensis* (guanandi), *Inga* spp (ingá), *Cedrela lilloi* em solos hidromórficos (CAMPOS; SOUZA, 1997). No entanto, estudos fitossociológicos apontam que algumas dessas espécies sequer foram amostradas (CAMPOS et al., 1999; CORRADINI et al., 2008), provavelmente por terem sido exploradas até a extinção local.

2.2 Represamentos e suas Influências

As experiências humanas em construção de reservatórios são inúmeras e datam de milhares de anos. Inicialmente construídos para reservarem poucos metros cúbicos de água para abastecimento ou irrigação, esses ecossistemas aquáticos, com a introdução de tecnologias de construção, tornaram-se grandes empreendimentos de alta tecnologia e custos,

sendo utilizados simultaneamente para inúmeros e múltiplos fins (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

Atualmente, todos os continentes têm represas construídas nos principais rios (NILSSON et al., 2005), causando diversos impactos negativos, mas que, conforme Tundisi e Tundisi (2008), proporcionam também inúmeras oportunidades de trabalho, geração de energia e desenvolvimento social e econômico a partir de sua construção. Tundisi e Tundisi (2008) fazem, ainda, uma ampla discussão dos impactos positivos e negativos da construção de represas, desde os socioeconômicos até os ambientais.

O incremento da necessidade de energia, nos países em desenvolvimento, como resultado do crescimento da população, do desejo de um padrão de vida elevado, da expansão de indústrias dependentes de energia e de projetos para alcançar autossuficiência no setor energético, tem contribuído para motivar numerosos projetos de hidroelétricas (GERMAN BUNDESTAG, 1990).

A avaliação de impactos de barragens sobre a comunidade ripária é amplamente abordada em trabalhos científicos, em praticamente todas as regiões do globo, desde regiões tropicais até boreais (NILSSON; BERGGREN, 2000; RICHTER et al., 2010), principalmente quanto às questões ecológicas, hidrológicas, geomorfológicas e humanas (KINGSFORD, 2000; NILSSON; BERGGREN, 2000; WILLIAM, 2000; KOZLOWSKI, 2002; OSTERKAMP; HUPP, 2010; RICHTER et al., 2010) e, recentemente, no contexto de alterações climáticas (HAMILTON, 2010).

Alguns efeitos de barramentos são imediatos e óbvios, como obstrução de espécies migratórias (AGOSTINHO et al., 2004; SUZUKI et al., 2009), retenção de sedimentos (STEVAUX et al., 2009), fragmentação e perda de hábitat a montante, devido ao alagamento permanente (NILSSON; BERGGREN, 2000). Já outros efeitos são graduais e menos previsíveis, como alterações na magnitude e tempo de alagamento e distribuição de nutrientes (NILSSON; BERGGREN, 2000), além da diminuição da produtividade agrícola e pesqueira das comunidades tradicionais instaladas às margens dos rios e planícies de inundação (ADAMS; HUGHES, 1986; RICHTER et al., 2010).

Nilsson e Berggren (2000) e Koslowski (2002), entre outros, categorizam os efeitos à montante e à jusante da barragem. No entanto, alguns efeitos são observados em ambos os lados do barramento, como, por exemplo, alteração na hidrologia e geomorfologia, criação de novas margens e invasão de espécies exóticas. Dos efeitos observados à montante, além de deslizamentos e poluição (NEW; XIE, 2008), ocorre também perda de habitat, devido ao alagamento permanente de áreas sazonalmente alagáveis e criação de novas margens, efeito

esse agravado pela variação do nível da represa, devido a operação na barragem. Alguns efeitos são mais evidentes à jusante, como salinização (BARBOUR et al, 1998; KINGSFORD, 2000) e desidratação de organismos (KOSLOWSKI, 2002).

Poucos estudos consideram o fato de que a operação adequada de reservatórios pode reduzir os efeitos deletérios causados por barramentos. Agostinho et al. (2004), analisando esses efeitos em uma planície alagável neotropical, concluíram que pode haver aumento significativo no recrutamento em espécies de peixes migradores que dependem do ecótono água-terra para reprodução. Já Antonic et al. (2001) consideram que alterações no lençol freático, impostas pela operação adequada de um futuro reservatório podem promover o recrutamento de indivíduos arbóreos e a recuperação de uma floresta de carvalho.

Os padrões de flutuação dos níveis de água do Rio Paraná, devido à operação dos reservatórios, em especial do reservatório de Porto Primavera, situado imediatamente à montante da planície, resultaram em mudanças de curta (oscilações diárias e semanais) e longa escala temporais (alterações do período e intensidade das cheias anuais) dos níveis hidrométricos. Nesse sentido, os efeitos dos pulsos (diários e anuais) afetaram os ambientes da planície de forma diferenciada, sendo que os habitats diretamente conectados ao Rio Paraná foram os mais afetados, enquanto que os habitats mais distantes, conectados ao Rio Ivinheima, foram os menos afetados e, por conseguinte, constituem-se nos habitats em melhor estado de preservação. Assim, diferenças na susceptibilidade dos habitats aos efeitos da regulação da vazão acentuaram as diferenças no estado de conservação e na diversidade de espécies na planície estudada (PELD, 2009; SOUZA-FILHO, 2009).

Além desses impactos decorrentes da regulação da vazão, estudos realizados na planície alagável do alto Rio Paraná foram bem sucedidos em demonstrar que os represamentos à montante contribuíram para o empobrecimento do Rio Paraná e habitats associados, especialmente em fósforo e sólidos suspensos. As avaliações realizadas pelo PELD demonstram que a diminuição do fósforo pode chegar a 70% em relação aos anos anteriores ao último represamento (UHE Porto Primavera), afetando a produtividade do sistema rio-planície (PELD, 2009; ROBERTO et al., 2009).

Neste contexto, observa-se que a influência de reservatórios sobre a comunidade ripária é em grande parte negativa. No entanto, a escassez de séries temporais ininterruptas e longas (mais de 100 anos) de variáveis ambientais (ex.: precipitação, temperatura, índices fluviométricos, lençol freático, nutrientes dissolvidos, entre outros), principalmente nos trópicos, geralmente impede uma avaliação quantitativa dessa influência. Assim, a abordagem dendrocronológica permite uma aproximação dessa avaliação (dado proxy), já que as

variáveis ambientais modulam o crescimento das árvores (FRITTS, 1976; SCHWEINGRUBER, 1996).

2.3. Dendrocronologia

O cenário atual da dendrocronologia remete ao início do século 20, com A. E. Douglass, “pai” da dendrocronologia, e E. Schulman, pioneiro em dendroclimatologia (FRITTS, 1976).

A dendrocronologia é amplamente utilizada em reconstruções ambientais e é, hoje, a ciência com melhores resultados e mais exatidão, devido à resolução anual e replicabilidade, duas características inerentes aos estudos com anéis de crescimento. Como certas espécies arbóreas alcançam grandes idades, pode-se reconstruir a variabilidade plurianual das variáveis ambientais para além dos dados coletados em estações climatológicas e hidrológicas. Dessa forma, utilizando-se registros de séries temporais de variáveis ambientais, pode-se reconstruir a variação de determinada variável ambiental para um período tão longo quanto existirem árvores vivas e subfósseis de madeira.

Em áreas de altitude e extratropicais, o principal modulador do crescimento vegetal é a temperatura, já que valores abaixo ou próximo ao ponto de congelamento no inverno cessam o crescimento (WORBES, 2004). Já nos trópicos, os fatores que desencadeiam a formação de anéis de crescimento são: a sazonalidade da precipitação em terras altas (BORCHERT, 1995; WORBES, 1999; LISI et al., 2008), o alagamento em planícies fluviais (WORBES, 1995; SCHÖNGART et al., 2002) e ultimamente, as variações na salinidade em mangues têm despertado a atenção como potencial indutor, ainda que esta variação sofra influencia da precipitação (VERHEYDEN et al., 2004; CORREA et al., 2010; ROBERT et al., 2011).

Neste sentido, ecólogos de plantas têm despendido grandes esforços estudando as relações planta-água, pois nenhum outro fator ambiental único pode ser diretamente relacionado a tantas respostas dos vegetais (BARBOUR et al., 1998). Assim, o crescimento cambial é especialmente sensível ao estresse hídrico, sendo que o déficit hídrico não apenas reduz o número de células, como também retarda a expansão e diferenciação celular. O déficit hídrico, em um ano seco, pode ainda exercer efeito inibitório no crescimento cambial do próximo ano (KOSLOWSKI, 2002).

Para alcançar um maior conhecimento dessas relações e reconstruções ambientais satisfatórias, foram desenvolvidos diferentes ramos na dendrocronologia, como a dendroclimatologia, que estuda a relação do clima e a formação de camadas de crescimento, e

a dendrohidrologia, que estuda a relação dos corpos hídricos e a formação de camadas de crescimento. Esses ramos, porém, não se excluem, e sim se complementam.

2.3.1. Dendroclimatologia

A dendroclimatologia estuda, principalmente, a forma como algumas variáveis ambientais, principalmente a temperatura e a precipitação modulam as taxas de incremento de xilema secundário no decorrer do ano ou períodos maiores de tempo, podendo-se, dessa forma, compreender o clima em escala regional (FRITTS, 1976; PUMIJUMNONG et al., 1995; SCHWEINGRUBER, 1996; THERRELL et al., 2006 a,b; AKKEMIK et al., 2008) ou global, utilizando-se, para isso, índices oceânicos/atmosféricos como o SOI (Southern Oscillation Index), ENSO (El Niño-Southern Oscillation com fases quentes e frias, ‘El Niño’/ ‘La Niña’, respectivamente) (VETTER; BOTOSSO, 1989; SCHÖNGART et al., 2004; THERRELL et al., 2006a; TROUET et al., 2010; ANDERSON et al., 2012) ou Monções Asiáticas (BIJAKSANA et al., 2007; COOK et al., 2010).

Muitos estudos relacionam, com sucesso, as alterações das larguras dos anéis de crescimento com as alterações dos ritmos de precipitação, como Worbes (1999) que correlacionou a anuidade dos anéis de crescimento com ritmos de precipitação na Venezuela, Therrell et al. (2006a) com estudos no Zimbábue, e Akkemik et al. (2008) com estudo realizado na Turquia. Worbes (1995) sugere, ainda, que precipitações abaixo de 60 mm por 2 ou 3 meses consecutivos induzem a dormência cambial em espécies arbóreas estabelecidas em regiões tropicais com ao menos uma estação seca.

A reconstrução de temperaturas e precipitação, baseada em cronologias seculares, está sendo utilizada na tentativa da compreensão e validação dos efeitos do aumento de temperatura global, demonstrados em estudos realizados nas mais diversas regiões do globo, em ambos os hemisférios, como Jacoby et al. (1996) na região central da Mongólia, Lara e Villalba (1993) no sudoeste do Chile e Gou et al. (2007) no noroeste do platô Tibetano.

2.3.2. Dendrohidrologia

Os estudos com enfoque dendrohidrológico buscam elucidar quais são as influências que corpos d’água exercem sobre o crescimento da árvore (SCHWEINGRUBER, 1996), já que a água pode ser uma importante fonte de distúrbio, tanto no estado líquido quanto no

estado sólido, influenciando desde os organismos até toda uma comunidade (GUREVITCH, 2006).

Alagamentos são mais importantes em habitats ripários e em áreas sob influência, como planícies alagáveis e brejos. Em muitos destes sistemas, alagamentos sazonais continuamente criam e destroem habitats, assim como deslizamentos e avalanches criam nova e propícia superfície sem vegetação (GUREVITCH, 2006).

Pode-se ainda, a partir das cronologias de anéis de crescimento e de sua relação com informações de estações fluviométricas, reconstruir variações das cotas de inundação e das descargas (COOK; JACOBY, 1983; AKKEMIK et al., 2008), do nível do lençol freático (PEREZ-VALDIVIA; SAUCHYN, 2011) e datar fluxos extremos baseados em cicatrizes (SCHWEINGRUBER, 1996; STOFFEL; BOLLSCHWEILER, 2008).

Como o pulso de inundação (JUNK et al., 1989) e os parâmetros do hidroperíodo (NEIFF, 1990) afetam e restringem a distribuição das espécies em rios e planícies fluviais (GOEBEL et al., 2012; STOFFEL; WILFORD, 2012), muitos estudos buscam também reconstruir as variações anuais de cotas de inundação em planícies alagáveis (WORBES, 1995; DAZZEO et al., 2002; SCHÖNGART et al., 2004; PALTA et al., 2012).

2.3.3. Perspectivas para a Dendrocronologia

Atualmente, a maioria dos estudos tem utilizado técnicas dendrocronológicas e avaliações dendroclimatológicas e dendrohidrológicas para obter reconstruções ambientais, principalmente de temperatura e precipitação. Porém, observa-se um crescente interesse na compreensão da dendroecologia tropical de como possíveis alterações climáticas, por exemplo aumento nos níveis atmosféricos de CO₂, podem impactar as respostas de curto e longo prazo, como a produtividade primária, taxas de incremento e estoques de carbono (LADEAL; CLARK, 2001; KÖRNER et al., 2005; SCHÖNGART et al. 2011; NOCK et al., 2011; ROZENDAAL; ZUIDEMA, 2011; BRIENEN et al., 2012).

Na região tropical, a dendrocronologia contribui para a compreensão da dinâmica florestal, no âmbito da discussão sobre o manejo sustentável de recursos madeireiros, tempo de regeneração natural, e o ciclo de carbono (WORBES, 2002). Estudos em 'plots' permanentes podem fornecer respostas sobre a dinâmica florestal, porém não indicam com muita clareza as forças moduladoras e os padrões das mudanças, além da morosidade em incluir informações à série de dados. Em contrapartida, a dendrocronologia pode estender a

série de dados e responder satisfatoriamente às questões acima mencionadas (ZUIDEMA et al., 2012).

Em uma recente revisão sobre dendroecologia nos trópicos, Rozendaal e Zuidema (2011) propõem duas direções para futuros estudos: (1) avaliação das causas e consequências do crescimento, individual e entre os indivíduos, e sua relação com a variação ambiental, contribuindo diretamente com a ecologia de árvores tropicais, e (2) a medição simultânea de larguras de anéis e frações de isótopos estáveis, que oferece um grande potencial para estudos das respostas das árvores às alterações climáticas, já que as árvores tropicais desempenham um importante papel na dinâmica global do carbono, sendo prioritário o conhecimento destas respostas.

Muitos trabalhos vêm, também, aliando técnicas de datação com isótopos, instáveis (^{14}C) e estáveis ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{15}\text{N}$), às técnicas tradicionais em dendrocronologia. Datações baseadas no uso do ^{14}C , embora amplamente difundidas (HUA et al., 2000; FICHTLER et al., 2003; KUROKAWA et al., 2003; ANDERSEN; KRZYWINSKI, 2007; CHAKRABORTY et al., 2008; KROMER, 2009), devem ser avaliadas com cautela. Isso, pois, Stuiver e Becker (1986), após construírem uma calibração precisa de ^{14}C , abrangendo desde 2500 AC até 1950 DC, apontam que um dado valor de concentração de ^{14}C pode representar mais do que uma idade, induzindo ao erro na datação. Afirmação esta reiterada por Junk e Worbes (1989), que dataram com sucesso árvores tropicais, porém, fazem algumas ressalvas na utilização da técnica, devido ao incremento considerável da proporção de ^{14}C atmosférico, causado pelos testes nucleares na década de 60.

Já o uso de isótopos estáveis nos estudos com anéis de crescimento provém importantes informações sobre aspectos ecofisiológicos e como alterações nas concentrações atmosféricas de determinados gases (principalmente de carbono, $\delta^{13}\text{C}$) são “registradas” pelas plantas, sendo estes “registros” indiretamente influenciados pela disponibilidade hidráulica, uso da água e respostas à seca (CULLEN et al., 2008; GEBREKIRSTOS et al., 2009; BATTIPLAGLIA et al., 2010; FICHTLER et al., 2010; BRIENEN et al., 2011; NOCK et al., 2011). Outros isótopos estáveis (por exemplo, $\delta^{18}\text{O}$) também podem fornecer informações para dendroecologia (ANCHUKAITIS et al., 2008; CULLEN et al., 2008).

3. REFERÊNCIAS

- ADAMS, W. M., HUGHES, F. M. R. The Environmental Effects of dam construction in tropical Africa: impacts and planning procedures. *Geoforum*. v.17, p.403-410. 1987.
- AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO, H. F., JR. & PETRERE, M., JR. Itaipu reservoir (Brazil): impacts of the impoundment on the fish fauna and fisheries. In: COWX, I. G. (Org). *Rehabilitation of freshwater fisheries*. London: Fishing New Books. p. 171-184. 1994
- AGOSTINHO, A. A., THOMAZ, S. M., GOMES, L. C. Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams. *Ecology & Hydrobiology*. V4, n3, p 255-256. 2004.
- AGOSTINHO, A. A.; BINI, L. M.; GOMES, L. C.; JÚLIO JR, H. F.; PAVANELLI, C. S.; AGOSTINHO, C. S. Fish assemblages. In: THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Org.). *The upper Paraná River and its floodplain*. Leiden: Backhuys Publishers, p.1-381. 2004.
- AKKEMIK, Ü.; D'ARRIGO, R.; CHERUBINI, P.; KÖSE, N.; JACOBY, G. C. Tree-ring reconstructions of precipitation and streamflow for north-western Turkey. *International Journal of Climatology*. V. 28, n. 2, p. 173-183. 2008.
- ANCHUKAITIS, K. J.; EVANS, M. N.; WHEELWRIGHT, N. T.; SCHRAG, D. P. Stable isotope chronology and climate signal calibration in neotropical montane cloud forest trees. *Journal of Geophysical Research*. V. 113. 2008. Doi:10.1029/2007JG000613
- ANDERSEN, G. L.; KRZYWINSKI, K. Longevity and growth of *Acacia tortilis*; insights from ^{14}C content and anatomy of wood. *BMC Ecology*. V. 7, n. 4. 2007. Doi:10.1186/1472-6785-7-4
- ANDERSON, S.; AZIZ, O.; TOOTLE, G. GRISSINO-MAYER, H.; BARNETT, A. Using Pacific Ocean climatic variability to improve hydrologic reconstructions. *Journal of Hydrology*. V 434–435, p.69–77. 2012.
- ANTONIC, O., HATIC, D., KRIAN, J. BUKOVEC, D. Modeling groundwater regime acceptable for the forest survival after the building of the hydro-electric power plant. *Ecological Modelling*. V. 138, p. 277-288. 2001.
- ARENAS-IBARRA, J. Aplicações fluviológicas na planície do alto rio Paraná (PR-MS). Maringá: UEM. 2008. 58p. Tese (Doutorado)- Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.
- BARBOUR, M.G. BURK, J.H. PITTS, W.D. GILLIAN, F.S. SCHWARTZ, M.W. *Terrestrial plant ecology*. 3ª ed. Editora Benjamin/Cummings, 1998.
- BATTIPAGLIA, G.; DE MICCO, V.; BRAND, W. A.; LINK, P; ARONNE, G; SAURER, M.; CHERUBINI, P. Variations of vessel diameter and $\delta^{13}\text{C}$ in false rings of *Arbutus unedo* L. reflect different environmental conditions. *New Phytologist*. V.188, p. 1099–1112. 2010. Doi: 10.1111/j.1469-8137.2010.03443.x.

- BIJAKSANA, S.; NGKOIMANI, L. O.; D'ARRIGO, R.; KRUSIC, P.; PALMER, J.; SAKULICH, J.; ZULAIKAH, S. Status of tree-ring research from teak (*Tectona grandis*) for climate studies. *Jurnal Geofisika* 2007/2. 2007.
- BRIENEN, R. J. W.; WANEK, W.; HIETZ, P. Stable carbon isotopes in tree rings indicate improved water use efficiency and drought responses of a tropical dry forest tree species. *Trees*. V. 25, p. 103-113. 2011.
- BRIENEN, R. J. W., GLOOR, E., ZUIDEMA, P.A. Detecting evidence for CO₂ fertilization from tree rings studies: The potential role of sampling biases. *Global Biogeochemical Cycles*. V. 26. 2012. Doi:10.1029/2011GB004143.
- CAMPOS, J. B. Spatial and multi-temporal analysis of deforestation and quantification of the remnant forests on Porto Rico Island, Paraná, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. V 42, n 1. 1999.
- CAMPOS, J.B.; ROMAGNOLO, M.B.; SOUZA, M.A. Structure, Composition and Spatial Distribution of Tree Species in a Remnant of the Semideciduous Seasonal Alluvial Forest of the Upper Paraná River Floodplain. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. V.43 n.2. 2000.
- CAMPOS, J.B.; SOUZA, M.C. Vegetação. In: Vazzoler, A.E.A.M.; Agostinho, A.A.; Hahn, N.S. (Eds.) *APlanície de Inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá : EDUEM : Nupélia, 1997. pp. 331-342
- CHAKRABORTY, S.; DUTTA, K.; BHATTACHARYYA, A.; NIGAM, M.; SCHUUR, E.A.G.; SHAH, S.K. Atmospheric ¹⁴C Variability Recorded In Tree Rings From Peninsular India: Implications For Fossil Fuel CO₂ Emission And Atmospheric Transport. *Radiocarbon*. V. 50, n. 3, p. 321–330. 2008.
- COOK, E. R., JACOBY, G. C. Potomac River streamflow since 1730 as reconstructed by tree rings. *Journal of Climate and Applied Meteorology*. V. 10, n. 22, p 1659-1672. 1983.
- COOK, E. R.; ANCHUKAITIS, J. K.; BUCKLEY, B. M.; D'ARRIGO, R. D.; JACOBY, G. C.; WRIGHT, W. E. Asian Monsoon Failure and Megadrought During the Last Millennium. *Science*. V. 328, p. 486-489. 2010. DOI: 10.1126/science.1185188.
- CORRADINI, F. A.; STEVAUX, J.C.; FACHINI, M. P. Geomorfologia e distribuição da vegetação ripária na Ilha Mutum, Rio Paraná-PR/MS. *Geociências*. V.27, n, 3, p 345-354. 2008.
- CORREA, J. A. R.; GRAJALES, E. C. M; ESCOBAR, M. B. Anillos Anuales y Clima en *Rhizophora mangle* L. de la Bahía de Cispatá, Colombia. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*. V. 63, n. 2, p. 5639-5650. 2010.
- CULLEN, L. E.; ADAMS, M. A.; ANDERSON, M. J.; GRIERSON, P. F. Analyses of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ in tree rings of *Callitris columellaris* provide evidence of a change in stomatal control of photosynthesis in response to regional changes in climate. *Tree Physiology*. V.28, p. 1525–1533. 2008.

- DEZZEO, N.; WORBES, M.; ISHII, I.; HERRERA, R. Growth rings analysis of four tropical tree species in seasonally flooded forest of the Mapire River, a tributary of the lower Orinoco River, Venezuela. *Plant Ecology*. V. 168, p. 165-175. 2003.
- FICHTLER, E.; HELLE, G.; WORBES, M. Stable-Carbon Isotope Time Series from Tropical Tree Rings Indicate A Precipitation Signal. *Tree-Ring Research* V. 66, n. 1, p. 35–49. 2010.
- FRITTS, H. C. *Tree Rings and Climate*. London: Academic Press Inc, 1976.
- GEBREKIRSTOS, A.; WORBES, M.; TEKETAY, D.; FETENE, M.; MITLÖHNER, R. Stable carbon isotope ratios in tree rings of co-occurring species from semi-arid tropics in Africa: Patterns and climatic signals. *Global and Planetary Change*. V 66, p. 253–260. 2009.
- GERMAN BUNDESTAG. *Protecting the tropical Forest*. Bonn: German Bundestag, 1990.
- GOEBEL, P. C.; PREGITZER, K. S.; PALIK, B. J. Influence of Flooding and Landform Properties on Riparian Plant Communities in an Old-Growth Northern Hardwood Watershed. *Wetlands*. 2012. DOI 10.1007/s13157-012-0300-1
- GOU, X.; CHEN, F.; JACOBY, G. C.; COOK, E.; YANG, M.; PENG, J.; ZHANG, Y. Rapid tree growth with respect to the last 400 years in response to climate warming, northeastern Tibetan Plateau. *International Journal of Climatology*. V 27, p. 1497–1503. 2007. DOI: 10.1002/joc.1480.
- GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M. FOX, G. A. *The Ecology of Plants*. 2a ed. Sunderland: Sinauer Associates INC, 2006.
- HAMILTON, S. K. Biochemical implications of climate change for tropical rivers and floodplains. *Hydrobiologia*. V. 657, p. 19-35. 2010.
- HUA, Q.; BARBETTI, M.; JACOBSEN, G. E.; ZOPPI, U.; LAWSON, E. M. Bomb Radiocarbon in annual tree rings from Thailand and Australia. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*. V. 175, p. 359-365. 2000.
- IBGE. *Manual técnico da vegetação brasileira. Série Manuais Técnicos em Geociências*. n.1. 1992.
- JACOBY, G. C., D'ARRIGO, R. D., DAVAAJANMTS, T. Mongolian Tree Rings and 20th-Century Warming. *Science*. V. 273, p. 771-773. 1996.
- JUNK, W. J., BAYLEY, P. B., SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain-systems. In: DODGE, D. P. (Org.). *Proceedings of the International Large River Symposium*, Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 106: 1989. p. 110–127.
- JUNK, W. J.; WORBES, M. Dating Tropical Trees by Means of ^{14}C From Bomb Tests. *Ecology*. V. 70, n.2, p. 503-507. 1989.
- KINGSFORD, R.T. Ecological impacts of dams, water diversions and river management on floodplain wetlands in Australia. *Austral Ecology*. V. 25, p. 109-127. 2000.
- KOZLOWSKI, T. T. Physiological-ecological impacts of flooding on riparian forest ecosystems. *Wetlands*. V. 22, p. 550-561. 2002.

- KÖRNER, C.; ASSHOFF, R.; BIGNUCOLO, O.; HÄTTENSCHWILER, S.; KEEL, G.S. PELÁEZ-RIEDL, S.; PEPIN, S.; SIEGWOLF, R.T.W.; ZOTZ, G. Carbon Flux and Growth in Mature Deciduous Forest Trees Exposed to Elevated CO₂. *Science*. V. 309, p. 1360-1362. 2005.
- KROMER, B. Radiocarbon and dendrochronology. *Dendrochronologia*. V. 27, p. 15–19. 2009.
- KUROKAWA, H.; YOSHIDA, T.; NAKAMURA, T.; LAI, J.; NAKASHIZUKA, T. The age of tropical rain-forest canopy species, Borneo ironwood (*Eusideroxylon zwageri*), determined by ¹⁴C dating. *Journal of Tropical Ecology*. V. 19, p. 1–7. 2003.
DOI:10.1017/S0266467403003018
- LADEAL, S. L.; CLARK, J. S. Rising CO₂ Levels and the Fecundity of Forest Trees. *Science*. V. 292, p. 95-98. 2001.
- LARA, R.; VILLALBA, R. A. 3620-Year Temperature Record from *Fitzroya cupressoides* Tree Rings in Southern South America. *Science*. V. 260, p. 1104-1106. 1993.
- NEIFF, J. J. Ideas para la Interpretación Ecológica del Paraná. *Interciencia*. Caracas, v. 15, p. 424-441. 1990.
- NEW, T. XIE, Z. Impacts of large dams on riparian vegetation: applying global experience to the case of China's Three Gorges Dam. *Biodivers.Conserv.* V. 17, p. 3149-3163. 2008.
- NILSSON, C., REIDY, C. A., DYNESIUS M., REVENGA, C. Fragmentation and Flow Regulation of the World's Large River Systems. *Science*. V. 308, p. 405-408. 2005. DOI: 10.1126/science.1107887
- NILSSON, C. BERGGREN, K. Alterations of Riparian Ecosystems Caused by River Regulation. *BioScience*. V. 50, n. 9, p. 783-792. 2000.
- NOCK, C. A.; BAKERW, P.J.; WANEK, W.; LEIS, A.; GRABNER, M.; BUNYAVEJCHEWINK, S.; HIETZ, P. Long-term increases in intrinsic water-use efficiency do not lead to increased stem growth in a tropical monsoon forest in western Thailand. *Global Change Biology*. V. 17, p. 1049–1063. 2011. Doi: 10.1111/j.1365-2486.2010.02222.x
- OSTERKAMP, W. R., HUPP, C.R. Fluvial processes and vegetation- Glimpses of the past, the present, and perhaps the future. *Geomorphology*. V. 116, p. 272-285. 2010.
- PALTA, M. M., DOYLE, T. W., JACKSON, C. R., MEYER, J. L., SHARITZ, R. R. Changes in diameter growth of *Taxodium distichum* in response to flow alterations in the Savannah River. *Wetlands*. V. 32, p. 59-71. 2012.
- PELD. Relatório de avaliação final: sítio 6, A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná. Maringá, PR, 2009. 137pp.
- PEREZ-VALDIVIA, C., SAUCHYN, D. Tree-rings reconstruction of groundwater levels in Alberta, Canadá: Long term hydroclimatic variability. *Dendrochronologia*. V. 29, p. 41-47. 2011.

PETRI, S., FULFARO, V. J. *Geologia do Brasil*. São Paulo: T. A. Queiroz - Ed. da Universidade de São Paulo. 1983.

PUMIJUMNONG, N., ECKSTEIN, D., SASS, U. Tree-ring research on *Tectona grandis* in Northern Thailand. *IAWA Journal*. V.16, n. 4, p. 385-392. 1995.

RICHTER, B. D.; POSTEL, S.; REVENGA, C.; SCUDDER, T.; LEHNER, B.; CHURCHILL, A.; CHOW, M. Lost in development's shadow: The downstream human consequences of dams. *Water Alternatives*. V. 3, n. 2, p. 14-42. 2010.

ROBERT, E. M. R.; SCHMITZ, N.; OKELLO, J. A.; BEEKMAN, H.; KOEDAM, N. Mangrove growth rings: fact or fiction? *Trees*. V. 25, p. 49–58. 2011. DOI 10.1007/s00468-010-0487-9.

ROBERTO, M. C.; SANTANA, N. F.; THOMAZ, S. M. Limnology in the Upper Paraná River floodplain: large-scale spatial and temporal patterns, and the influence of reservoirs. *Braz. J. Biol.* V. 69, n. 2 (Suppl.), p. 717-725. 2009.

ROZENDAAL, D. M. A.; ZUIDEMA, P. A. Dendroecology in the tropics: a review. *Trees*. V. 25, p. 3-16. 2011.

SCHÖNGART, J.; ARIEIRA, J.; FORTES, C. F.; ARRUDA, E. C.; CUNHA, C. N. Age-related and stand-wise estimates of carbon stocks and sequestration in the aboveground coarse wood biomass of wetland forests in the northern Pantanal, Brazil. *Biogeosciences*, V. 8, p. 3407–3421. 2011.

SCHÖNGART, J.; JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; AYRES, J. M.; HÜTTERMANN, A.; WORBES, M. Teleconnection between tree growth in the Amazonian floodplains and the El-Niño-Southern Oscillation effect. *Global Change Biology*. V. 10, p. 683-692. 2004.

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*. V. 18, p. 581–597. 2002.

SCHWEINGRUBER, F. H. *Tree Rings and Environment*. Dendroecology. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna: Haupt. 609. 1996

SOUZA, M.C. Estrutura e composição florística da vegetação de um remanescente florestal da margem esquerda do Rio Paraná (mata do Araldo), município de Porto-Rico, Paraná. Rio Claro, UNESP, 1998. Tese (doutorado). Universidade do Estado de São Paulo, Rio Claro, 1998.

SOUZA-FILHO, E. E.; STEVAUX, J. C. Geologia e geomorfologia do complexo Rio Baía, Corutuba e Ivinheima. In VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Orgs.). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: EDUEM, 1997. p. 371-394.

STEVAUX, J. C., MARTINS, D. P., MEURER, M. Changes in a large regulated tropical river: The Paraná River downstream from the Porto Primavera Dam, Brazil. *Geomorphology*. V. 113, p. 230-238. 2009.

- STOFFEL, M. WILFORD, D. J. Hydrogeomorphic processes and vegetation: disturbance, process histories, dependencies and interactions. *Earth Surf. Process. Landforms*. V. 37, p. 9–22. 2012.
- STUIVER, M; BECKER, B. High-Precision decadal calibration of the radiocarbon time scale, AD 1950-2500 BC. *Radiocarbon*. V, 28, n. 2 (b), p. 863-910. 1986.
- SUZUKI, H. I.; AGOSTINHO, A. A.; BAILLY, D.; GIMENES, M. F.; JÚLIO-JUNIOR, H. F.; GOMES, L. C. Inter-annual variations in the abundance of young-of-the-year of migratory fishes in the Upper Paraná River Floodplain: relations with hydrographic attributes. *Braz. J. Biol.* V. 69 (Suppl.), p 649-660. 2009.
- THERRELL, M. D.; STAHL, D. W.; RIES, L. P.; SHUGART, H. H. Tree-ring reconstruction rainfall variability in Zimbabwe. *Climate Dynamics*. V. 26, p. 677-685. 2006a.
- THERRELL, M. D.; STAHL, D. W.; DIAZ, J. V.; OVIEDO, E. H. C.; CLEAVELAND, M. K. Tree-ring reconstructed maize yield in central Mexico: 1474-2001. *Climatic Change*. V. 74, p. 493-504. 2006b.
- TROUET, V.; ESPER, J.; BEEKMAN, H. Climate/growth relationship of *Bachystegia spiciformes* from the miombo woodland in south central Africa. *Dendrochronologia*. V. 28, p. 161-171. 2010.
- TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. *Limnologia*. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2008.
- VAZZOLER, A. E. A.; SUZUKI, H. I.; MARQUES, E. E.; LIZAMA, M. A. P. Primeira maturação gonadal, períodos e áreas de reprodução. In: VAZZOLER, A. E. A. M; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Orgs). *A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná*. Maringá: EDUEM, 1997. p. 249-265.
- VERHEYDEN, A.; KAIRO, A. J. G.; BEECKMAN, H.; KOEDAM, N. Growth Rings, Growth Ring Formation and Age Determination in the Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Annals of Botany*. V. 94, p. 59-66. 2004.
- VETTER, R. E.; BOTOSSO, P. C. El Nino may affect growth behavior of amazonian trees. *Geojournal*. V. 19, p. 419-421.
- WILLIAM, A. Downstream Impacts of Large Dams. World Commission on Dams Thematic Review I.1. 2000.
- WORBES, M. Mensuration/Tree-Ring Analysis. In: BURLEY, J.; EVANS, J.; YOUNGQUIST, J. A. (Orgs). *Encyclopedia of Forest Sciences*. New York: Academic Press, Elsevier Sciences, 2004.
- (_____.). One hundred years of tree-ring research in the tropics - a brief history and an outlook to future challenges. *Dendrochronologia*. V. 20, p. 217-231. 2002.
- (_____.). Annual growth rings, rainfall-dependent growth and log-term growth of tropical trees from the Carapo Forest Reserve in Venezuela. *Journal of Ecology*. V. 87, p. 391-403. 1999.

(____). How to measure growth dynamics in tropical trees a review. IAWA Journal. V. 16, n. 4, p. 337-351. 1995.

ZUIDEMA, P. A.; BRIENEN, R. J. W.; SCHÖNGART, J. Tropical forest warming: looking backwards for more insights. Trends in Ecology and Evolution. V. 27, p. 193-194. 2012.

CAPÍTULO 2

Análise dos Anéis de Crescimento de Três Espécies Arbóreas na Planície Alagável do Alto Rio Paraná, Sudoeste do Brasil.

Artigo elaborado e formatado conforme as normas para publicação científica no periódico Biotropica.

Análise dos Anéis de Crescimento de Três Espécies Arbóreas na Planície Alagável do Alto Rio Paraná, Sudoeste do Brasil.

Daniel Rodrigo Montanher^a, Luiz Antonio de Souza^a, Jochen Schöngart^{bc}

^a Programa de Pós Graduação em Biologia Comparada, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Av. Colombo, 5790, CEP 87020-900, Maringá, PR, Brasil.

^b Instituto de Limnologia Max-Planck, Grupo de Trabalho em Ecologia Tropical, August-Thienemannstr. 2, P.O. Box 165, 24302 Plön, Alemanha.

^c Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Av. André Araújo, 2936, caixa postal 478, CEP 69011-970, Manaus, AM, Brasil.

Resumo

A sazonalidade das variáveis ambientais, como a temperatura, precipitação, inundação desencadeia a formação de anéis de crescimento. Em planícies alagáveis, o pulso de inundação é o modulador dos processos biogeoquímicos e fisiológicos, e a introdução de barramentos alteram os parâmetros de inundação associados à fase aquática. A bacia do Rio Paraná é a unidade hidrográfica mais impactada do país, devido à construção de centenas de barragens destinadas a produção de energia elétrica. O último trecho livre de barramentos da planície alagável do alto Rio Paraná é altamente influenciado pela operação da hidroelétrica de Porto Primavera, formado no final de 1998. Na ausência de séries históricas longas, a dendrocronologia pode fornecer importantes dados acerca das alterações ambientais. Foram examinadas três espécies arbóreas potenciais para estudos dendrocronológicos, para identificação dos agentes moduladores do crescimento em diâmetro e a verificação dos impactos da regulação do pulso de inundação. *Nectandra falcifolia* não apresenta anéis discerníveis pela preparação dendrocronológica tradicional, *Inga vera* apresenta anéis com visibilidade difícil, porém baixa intercorrelação entre os indivíduos. *Albizia hassleri* apresenta anéis visíveis e correlação com a sazonalidade da inundação e a índices de temperaturas oceânicas, quando consideradas em conjunto. A influência da alteração no pulso de inundação não pode ser verificado, já que *Albizia hassleri* responde a outras variáveis além da inundação.

Palavras-chave: Dendrocronologia, Planície alagável neotropical, *Albizia hassleri*, *Inga vera*, *Nectandra falcifolia*.

A condição desfavorável de crescimento, causada pela sazonalidade anual de variáveis climáticas como precipitação ou pulsos de inundações, induz dormência cambial nas árvores, desencadeando a formação de anéis de crescimento (Worbes 1995). Em zonas temperadas e regiões de alta altitude, o principal fator climático é a sazonalidade da temperatura que leva a formação de anéis de crescimento (Schweingruber 1996, Worbes 2004). Já nos trópicos, a sazonalidade da precipitação (Borchert 1995, Worbes 1999, Lisi *et al* 2008) alagamento em planícies fluviais (Schöngart *et al* 2002) induzem a dormência cambial e mais recentemente, a variação na salinidade em mangues tem chamado a atenção como potencial indutor da formação de anéis de crescimento, ainda que influenciada pela precipitação (Verheyden *et al* 2004, Correa *et al* 2010, Robert *et al* 2011), .

Em comunidades ripárias, principalmente em planícies alagáveis, a alternância sazonal entre a fase seca e a fase aquática, formalmente definida como ‘pulso de inundação’ por Junk *et al* (1989) e os parâmetros do hidroperíodo (tempo, frequência e duração do alagamento), definidos por Neiff (1990), são os fatores chave que modulam os processos geomorfológicos (Junk *et al* 1989, Souza-Filho & Stevaux 1997, Souza-Filho 2009, Stevaux *et al* 2009, Osterkamp & Hupp 2010), os ciclos biogeoquímicos (Tundisi & Tundisi, 2008), a sucessão vegetal (Osterkamp & Hupp 2010, Wittmann *et al* 2004), e desencadeia processos fisiológicos nos organismos, como por exemplo indução da dormência cambial, sazonalidade foliar em árvores (Schöngart *et al* 2002) e reprodução de peixes (Suzuki *et al* 2009), além de exercer pressão seletiva e evolutiva, já que apenas indivíduos com adaptações fisiológicas, bioquímicas e morfológicas sobrevivem ao estresse hídrico causado pela sazonalidade do alagamento (Lobo & Joly 2002, Simone *et al* 2002, 2003, Parolin *et al* 2004, Wittmann *et al* 2004).

Estudos com anéis de crescimento nos trópicos são reduzidos quando comparados com estudos em climas temperados. A falácia de que nenhuma espécie tropical apresenta anéis anuais de crescimento, por não haver grande variação térmica nos trópicos e a distribuição de chuvas ser incerta (Worbes 1995, Ceccantini *et al* 2008), pode ser o principal fator que atrasou o desenvolvimento de cronologias e de estudos ecológicos com abordagem dendrocronológica em espécies tropicais. Aliás, a anualidade de anéis de crescimento já foi provada em espécies tropicais desde a década de 1860, com estudos de Sir D. Brandis (Worbes 2002).

A abordagem dendrocronológica da influência de reservatórios sobre a comunidade florestal adjacente pode ser observada em trabalhos como o de Antonic *et al* (2001), no qual faz uma modelagem das prováveis alterações no lençol freático nas proximidades de um

futuro reservatório, no rio Drava, Croácia. Tremblay e Bégin (2000) encontraram alterações climáticas na região ao norte da cidade de Quebec, Canadá, e modificações morfológicas em árvores de uma ilha formada após a construção do reservatório de Robert-Bourassa; e Palta *et al* (2012), estudando na planície de inundação do Rio Savannah, sudeste dos Estados Unidos, encontraram aumento na taxa de incremento basal em árvores de cotas mais altas e diminuição da sensibilidade após a operação do reservatório de Thurmond, próximo da cidade de Augusta, Georgia. Porém, ainda que a planície alagável do Alto Rio Paraná seja altamente influenciada por barragens, principalmente após a construção da barragem da hidroelétrica de Porto Primavera (final de 1998) (Souza-Filho 2009, Stevaux *et al* 2009), não existem estudos dendrocronológicos nesta planície que avaliam o impacto causado no crescimento arbóreo explorando as informações contidas nos anéis de crescimento. Utilizando as espécies *Albizia hasseri*, *Inga vera* e *Nectandra falcifolia*, este trabalho visa analisar os anéis de crescimento, reconhecer a potencialidade para estudos dendrocronológicos, verificar qual o fator ambiental que modula as taxas de incremento nos indivíduos das e se estas podem ser utilizadas para verificação e reconstrução dos pulsos de inundação e a influência dos reservatórios.

MÉTODOS

ÁREA DE COLETA- A área de coleta é inserida na planície alagável do alto rio Paraná, na margem direita do Rio Paraná e na margem direita da Ilha Mutum, desde a ponta norte da ilha Mutum até a foz do Rio Baia (fig. 1). A área de coleta está sob influência de alagamento apenas do rio Paraná, definido por Rocha (2002). A restrição a essa área se deve ao fato de que os corpos aquáticos (rios, lagos, canais) da planície possuem hidroquímica distinta (Roberto *et al* 2009) que pode influenciar as taxas de incremento (Schöngart *et al* 2004).

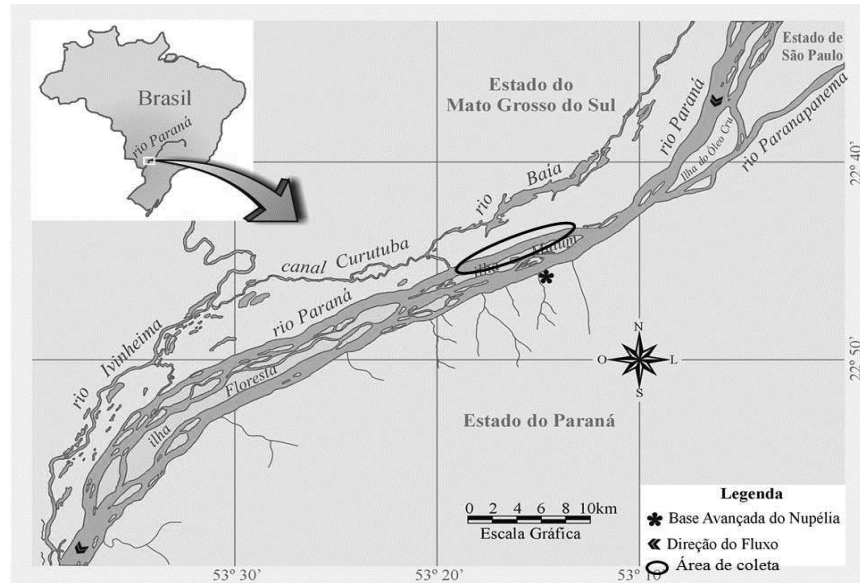


Figura 1. Planície de Inundação do Alto Rio Paraná e área de coleta (Modificado). Disponível em: <http://www.peld.uem.br/>.

De acordo com a classificação de Köppen (Kottec *et al* 2006), o clima regional pode ser caracterizado como Cfa (temperado úmido e verão quente), com temperatura média anual de 22,1 °C, e precipitação média anual de 1400 mm. O Balanço Hídrico Normal de Thornthwhite & Mather (disponível em <http://www.leb.esalq.usp.br/nurma.html>), calculado por Sentelhas *et al* (2008) para a estação de Ivinhema MS, indica a situação hídrica do solo e é apresentado na figura 2, apontando um pequeno déficit hídrico durante meados de Junho a meados de Agosto.

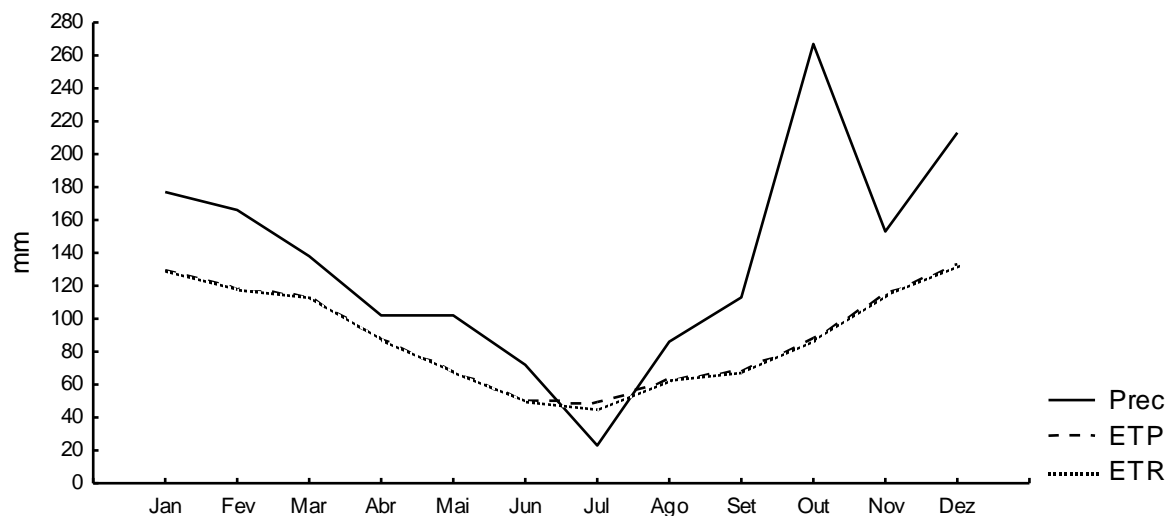


Figura 2. Balanço hídrico normal, de acordo com Sentelhas *et al* (2008). Prec: precipitação. ETP: evapotranspiração potencial. ETR: evapotranspiração real.

COLETAS EM CAMPO- As coletas foram realizadas nos meses de Agosto e Outubro de 2011. Foram selecionados 32 indivíduos de *Albizia hasseri* (Chodat) Burkart (Fabaceae), 31 indivíduos de *Inga vera* Willd (Fabaceae) e 32 indivíduos de *Nectandra falcifolia* (Nees) J.A.Castigl (Lauraceae), sob influência de inundação, com fuste mais cilíndrico possível. Com auxílio de clinômetro obteve-se a altura do indivíduo relativo à cota de inundação, com conhecimento em tempo real do nível hidrológico do rio, somado com a altura indicada pelo clinômetro à base do indivíduo.

De cada indivíduo foram retiradas quatro amostras diametralmente opostas, com uso de trado de incremento (5,15 mm de diâmetro). Para evitar possível contaminação por microrganismos, os ferimentos foram fechados com cera de abelha. Secções totais (discos) de três indivíduos de cada espécie foram retiradas com motosserra.

PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS, AQUISIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS- As quatro amostras foram coladas em suporte de madeira, e assim como os discos totais, foram polidos com lixas de granulometrias 80 até 600.

Todas as estruturas relevantes e anomalias observadas seguem terminologia proposta por Kaennel e Schweingruber (1995). Os anéis de crescimento foram marcados baseados na anatomia da madeira, de acordo com Worbes (2004), que classifica em quatro tipos básicos: (1) variação de densidade; (2) parênquima marginal. (3) padrão alternado de faixas de fibra e parênquima; e (4) variação na frequência e diâmetro dos vasos.

Medições dos anéis de crescimento foram executadas com mesa medidora digital (LINTAB 6), com precisão de 0,01 mm no Laboratório de Dendroecologia dos Biomas de Centro-Oeste Brasileiro da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisa e Tecnologia em áreas Úmidas (INAU). As quatro séries de anéis de crescimento de cada indivíduo foram submetidas à datação cruzada, visualmente e estatisticamente, gerando uma série média de incremento para cada indivíduo (Pilcher 1990).

Os indivíduos que compuseram a cronologia mestre foram selecionados através da datação cruzada (Pilcher 1990), pelos maiores valores de GLK (Gleichläufigkeit) associados com os valores de t (teste T -Student), através do programa TSAP-WinTM (Time Series Analysis and Presentation for Dendrochronology and Related Applications) e visualmente validadas.

Os valores de flutuação da cota hidrométrica dos anos de 1968 a 2010 foram adquiridos da Estação Fluviométrica de Porto São José (disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br/>), na figura 3, evidenciando o pulso de inundação monomodal

(Junk *et al* 1989) e indicando o ano de fechamento da barragem da hidroelétrica de Porto Primavera, na figura 4 a duração da fase aquática e na figura 5 os valores mensais médios de alagamento. Os valores de temperatura média mensal (figs. 6 e 7) e precipitação total diária foram adquiridos da Estação Climatológica de Ivinhema-Mato Grosso do Sul (código 83704, período 1966-2011), operada pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e da estação climatológica de Paranavaí-Paraná (código 02352017, período 1975-2011), operada pelo IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná).

As cronologias resultantes foram correlacionadas com as variáveis fluviométricas: cotas de alagamento médias, mínimas e máximas, anuais e mensais; duração da fase aquática (hidroperíodo) na cotas acima de 400, 450, 500 e 600 cm; e valores de cotas de alagamento médias, mínimas e máximas, anuais e mensais, entre os meses de agosto do ano anterior à julho do ano corrente. Também foram correlacionadas com os valores anuais e mensais de temperatura e precipitação, e com os valores mensais do ano corrente e do ano anterior dos seguintes parâmetros de anomalias de temperaturas superficiais de oceanos (Sea Surface Temperature, SST): PDO - Pacific Decadal Oscillation (Oscilação Decadal do Pacífico) (disponível em <http://jisao.washington.edu/pdo/>); Pacífico Equatorial (El Niño 1+2, 3, 4 e 3.4), ATLS- Atlântico Tropical Sul (Southern Tropical Atlantic), ATLN-Atlântico Tropical Norte (Northern Tropical Atlantic) e Trópicos Global (Global SST) (disponível em <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>). Todas as correlações foram realizadas com o programa Statistica 7.1 (StatSoft Inc, 2005), e consideradas significativas quando p (nível de confiança) for menor ou igual a 0,05 ($p \leq 0,05$).

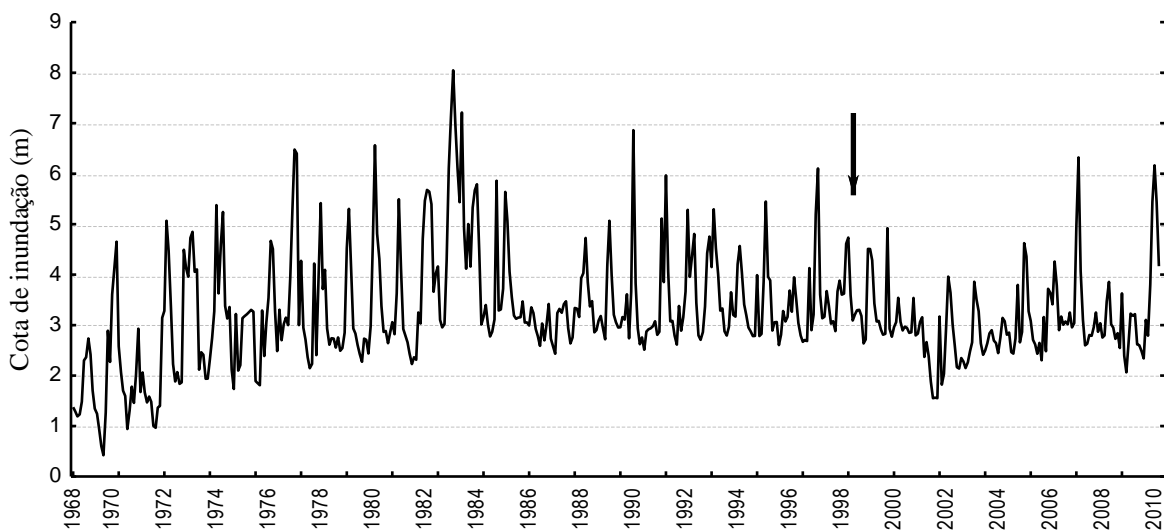


Figura 3. Média mensal da cota fluviométrica da estação de Porto São José - PR. Seta indica ano de fechamento (1998) da barragem da usina hidroelétrica de Porto Primavera.

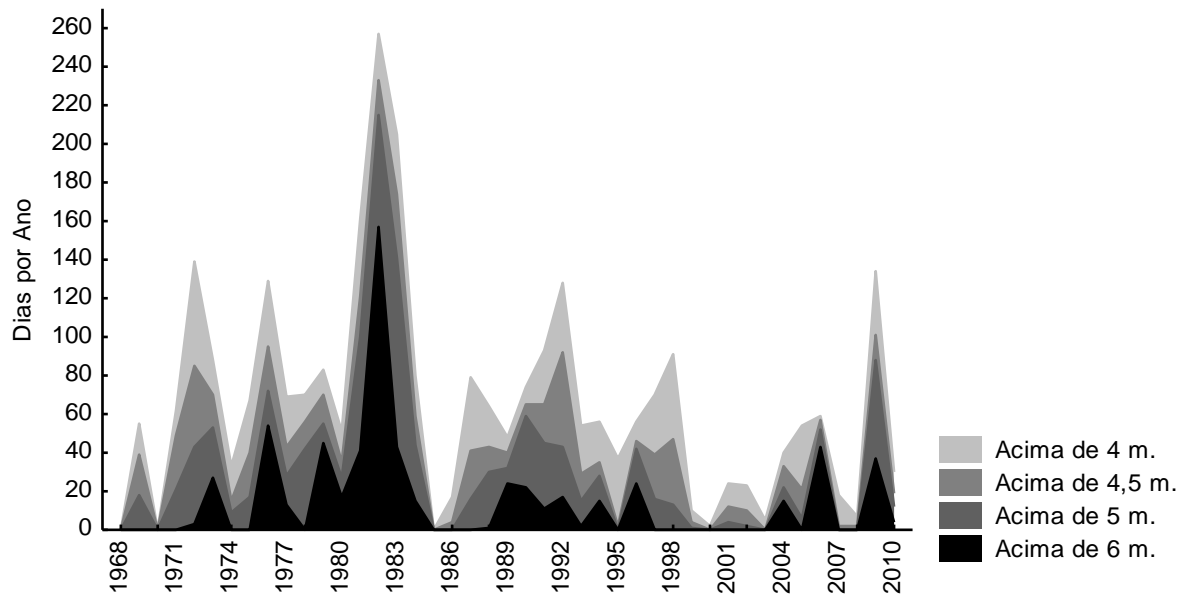


Figura 4. Duração da fase aquática, nas diferentes cotas de inundação, em dias por ano.

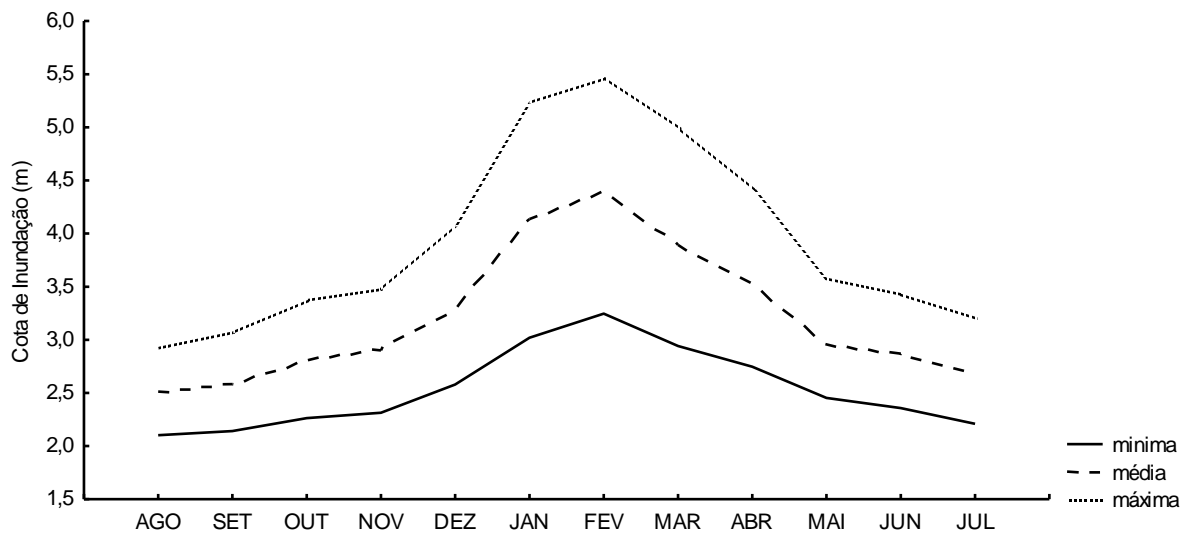


Figura 5. Médias mensais da cota fluviométrica da estação de Porto São José, PR.

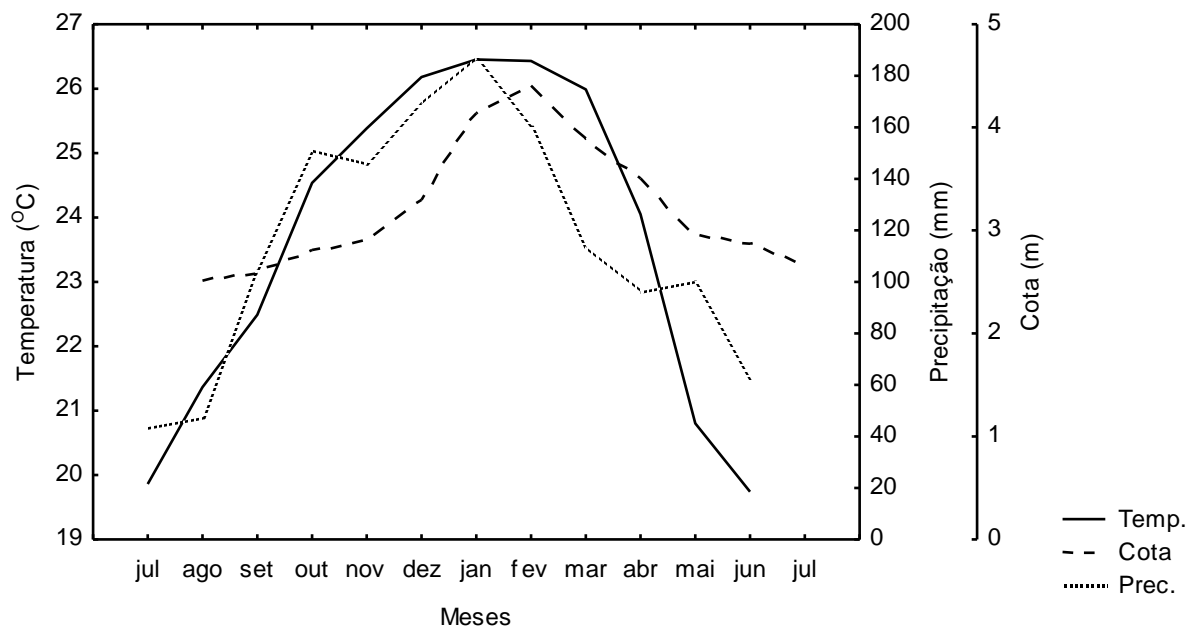


Figura 6. Médias mensais de temperatura e precipitação de Ivinhema-MS; e cota de inundação da estação fluviométrica de Porto São José, PR.

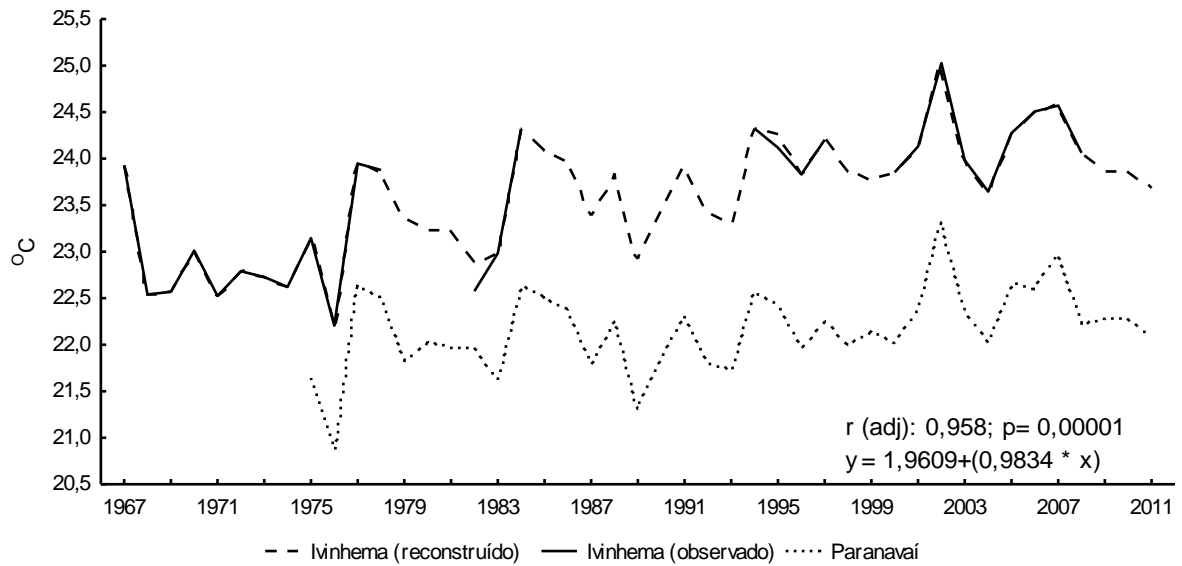


Figura 7. Temperatura média anual de Ivinhema, MS.

RESULTADOS

ANATOMIA DA MADEIRA E PADRÕES DE CRESCIMENTO - *A. hassleri* apresenta anéis de crescimento bem distintos, delimitados por uma faixa de parênquima marginal (Worbes 2004)

(fig. 8). *I. vera* apresenta camadas de crescimento distintos com dificuldade, caracterizadas por variação de densidade, decaimento da frequência dos vasos e largura das faixas de parênquima, classificado como uma mistura dos tipos 1, 3 e 4 (Worbes 2004) (fig. 8). Já *N. falcifolia* apresenta anéis indistintos pela preparação convencional para análise dendrocronológica; no entanto, algumas regiões apresentam camadas de crescimento, delimitadas por maior espessamento e achatamento radial celular no lenho tardio (fig. 8), de acordo com o tipo 1 de Worbes (2004).

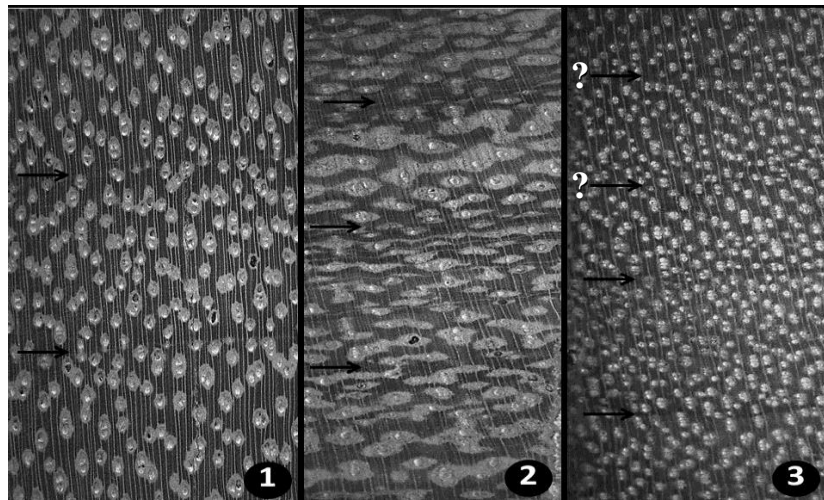


Figura 8. Padrões anatômicos: (1) *A. hassleri*, (2) *I. vera* e (3) *N. falcifolia*. Setas delimitam anéis de crescimento. Interrogação (?) indica dúvida na delimitação. Aumento 8x.

Com os indivíduos amostrados, foi possível a elaboração das trajetórias de crescimento para *A. hassleri* (fig. 9), com idade máxima de 47 anos e para *I. vera* (fig. 10), com idade máxima de 42 anos.

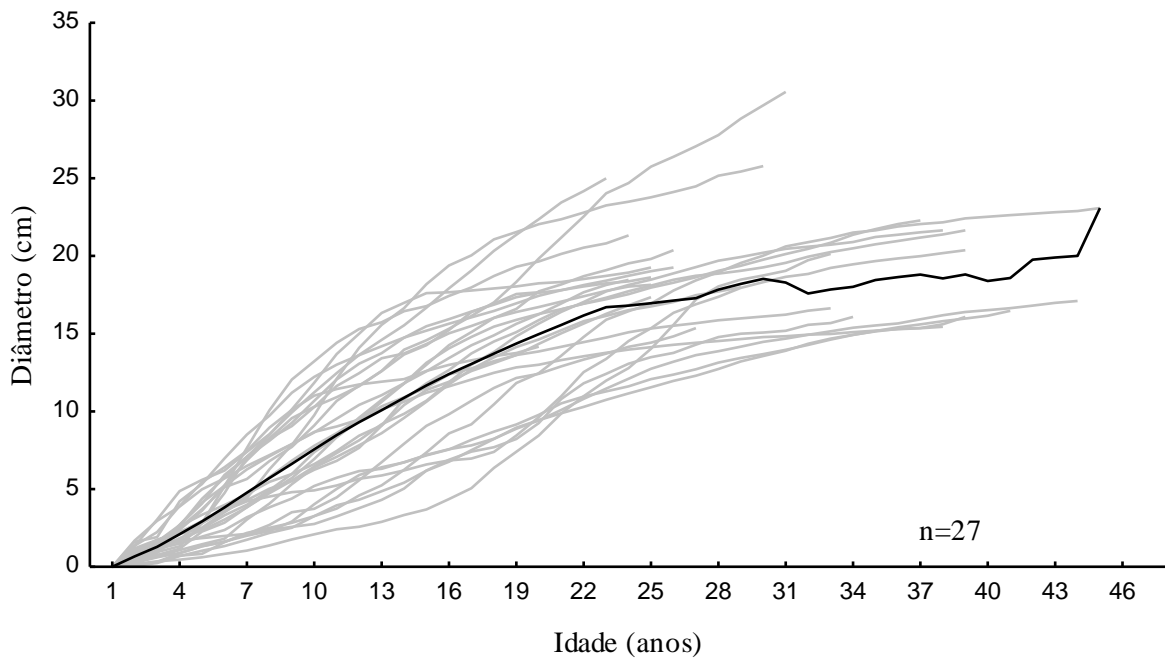


Figura 9: Trajetórias de crescimento em diâmetro de *A. hassleri*. As linhas em cinza representam o incremento individual e a linha negra significa incremento médio.

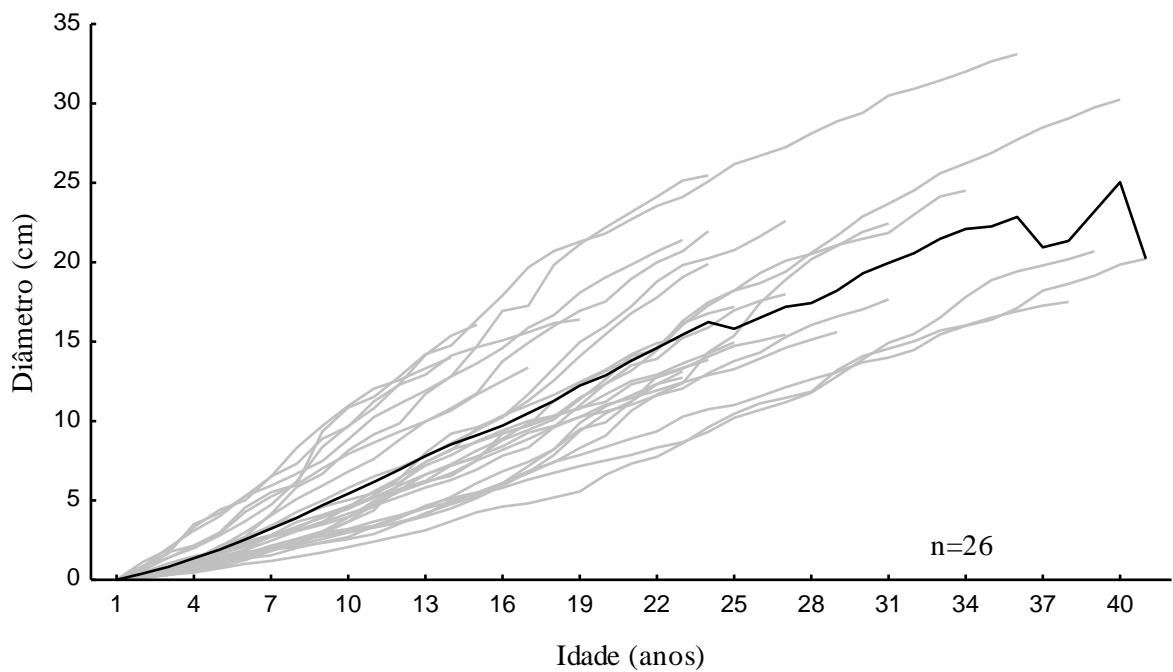


Figura 10: Trajetórias de crescimento em diâmetro de *I. vera*. As linhas em cinza representam o incremento individual e a linha negra significa incremento médio.

CRONOLOGIAS- As cronologias apresentadas são resultantes das melhores combinações dos valores de GLK e valores de t , excluindo os indivíduos com baixos valores e curtas sobreposições de intercorrelação. Para *A. hassleri*, a cronologia foi composta por 8 indivíduos, abrangendo 47 anos (fig. 11), com GLK (médio±desvio padrão) = $67,6\pm 11,9$ e valor de t (médio±desvio padrão) = $6,6\pm 3,2$. Para *I. vera* não foi possível a elaboração da cronologia, devido a baixa intercorrelação e curta sobreposição entre as curvas dos indivíduos.

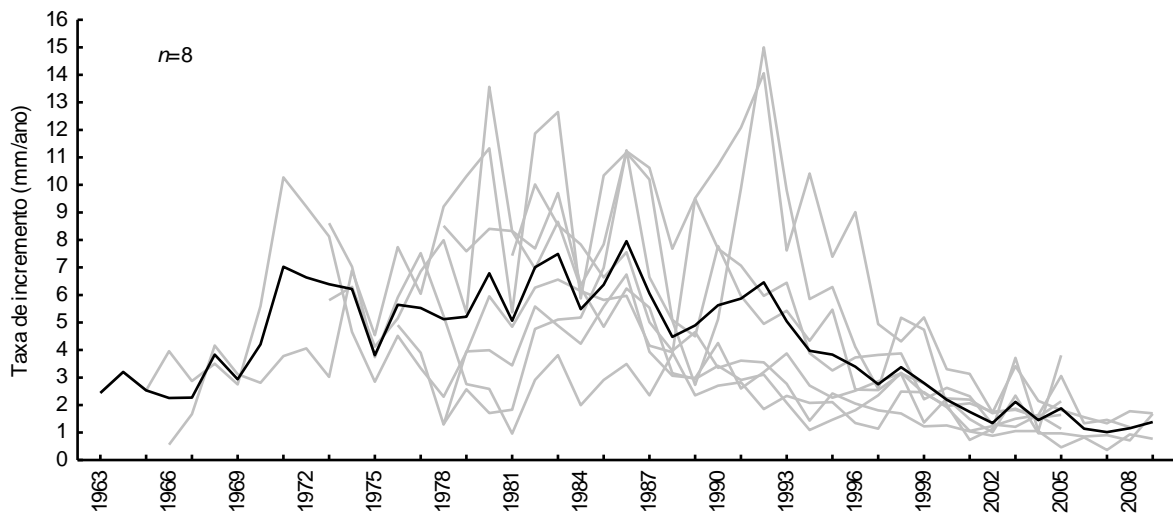


Figura 11. Taxas de incremento corrente em diâmetro de *A. hassleri*. As cronologias cinza representam cada árvore analisada e a linha negra significa a cronologia master.

CORRELAÇÕES COM VARIÁVEIS CLIMÁTICAS- Temperatura: Obteve-se correlação negativa de $r=-0,40$ ($p=0,009$), entre a temperatura anual e a cronologia média indexada de *A. hassleri* do ano corrente (fig. 12), e ausência de correlação significativa com o ano anterior ($r=-0,24$; $p=0,14$). Quanto às correlações de temperatura mensal com as séries de anéis de crescimento (fig. 13), observou-se correlação significativa e negativa entre a cronologia e os meses de Março ($r=-0,51$), Abril ($r=-0,36$), Agosto ($r=-0,43$), Setembro ($r=-0,37$) e Outubro ($r=-0,39$).

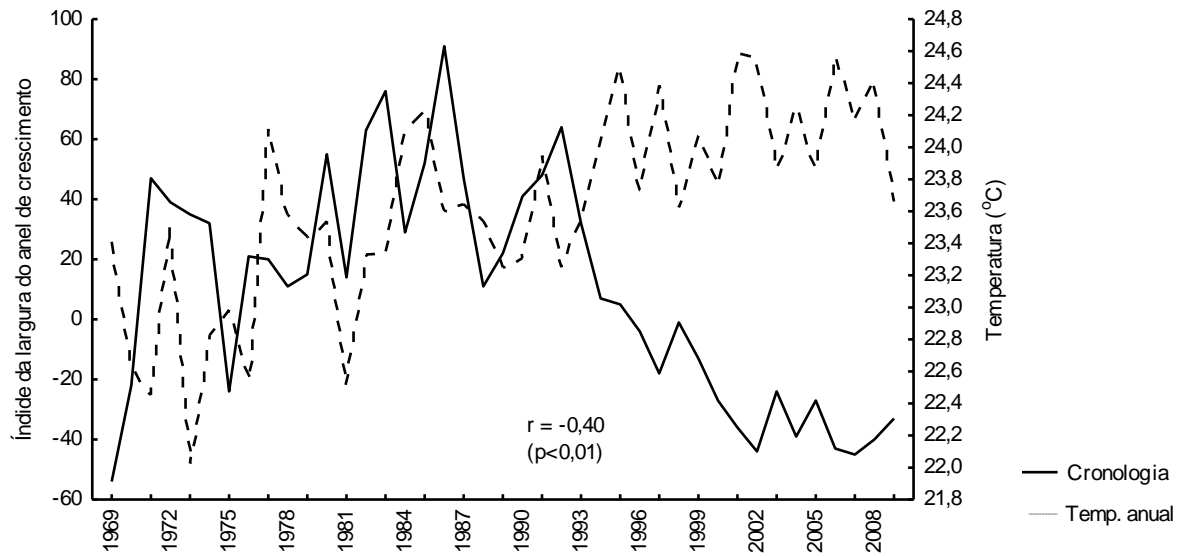


Figura 12. Correlação entre temperatura média anual e a cronologia de *A. hassleri*

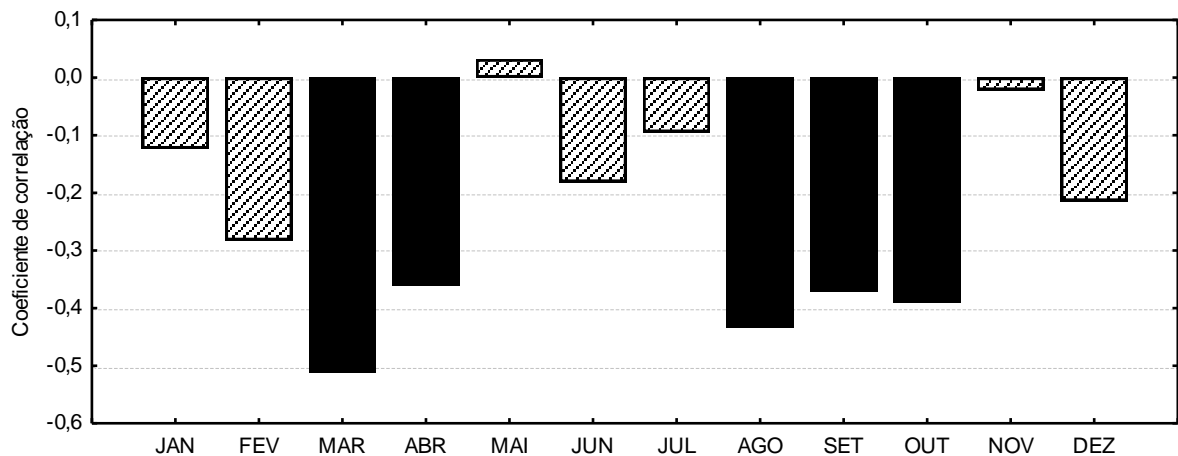


Figura 13. Correlação entre temperaturas mensais com séries de anéis de crescimento de *A. hassleri*. Colunas negras denotam correlações significativas.

Precipitação- Os valores de correlação entre as séries de anéis de crescimento indexada e a precipitação total anual apontaram ausência de relação significativa para *A. hassleri* ($r < 0,01$; $p = 0,99$). As correlações das séries de anéis de crescimento com os valores mensais de precipitação mostram correlações positivas no mês de Abril ($r = 0,41$) (figs. 14 e 15)

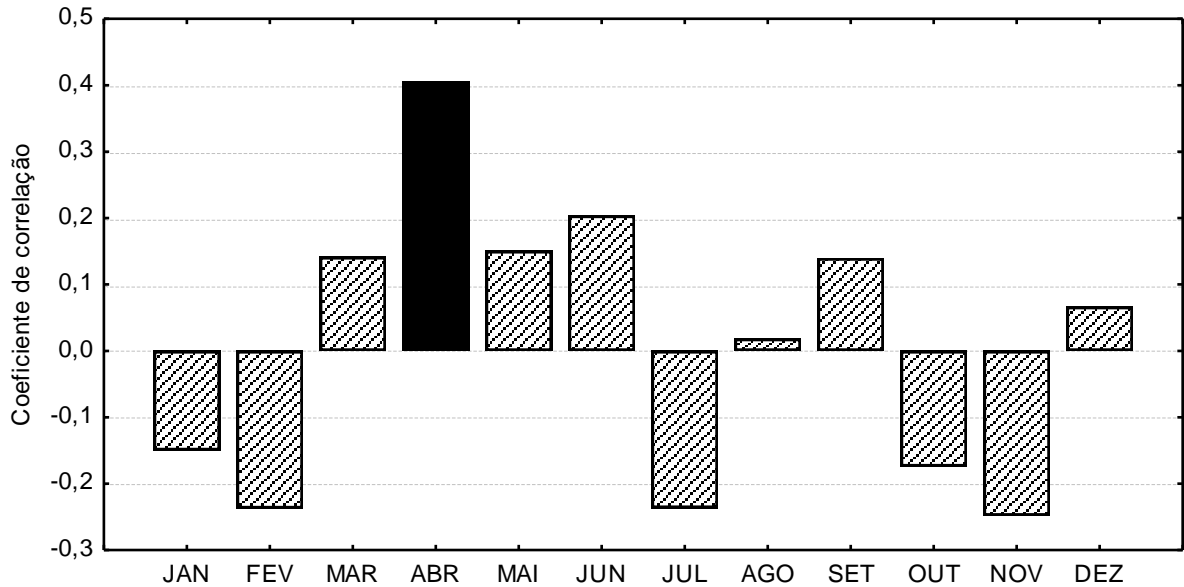


Figura 14. Correlações da precipitação mensal com as séries de anéis de crescimento de *A. hassleri*. Coluna negra denota correlação significativa.

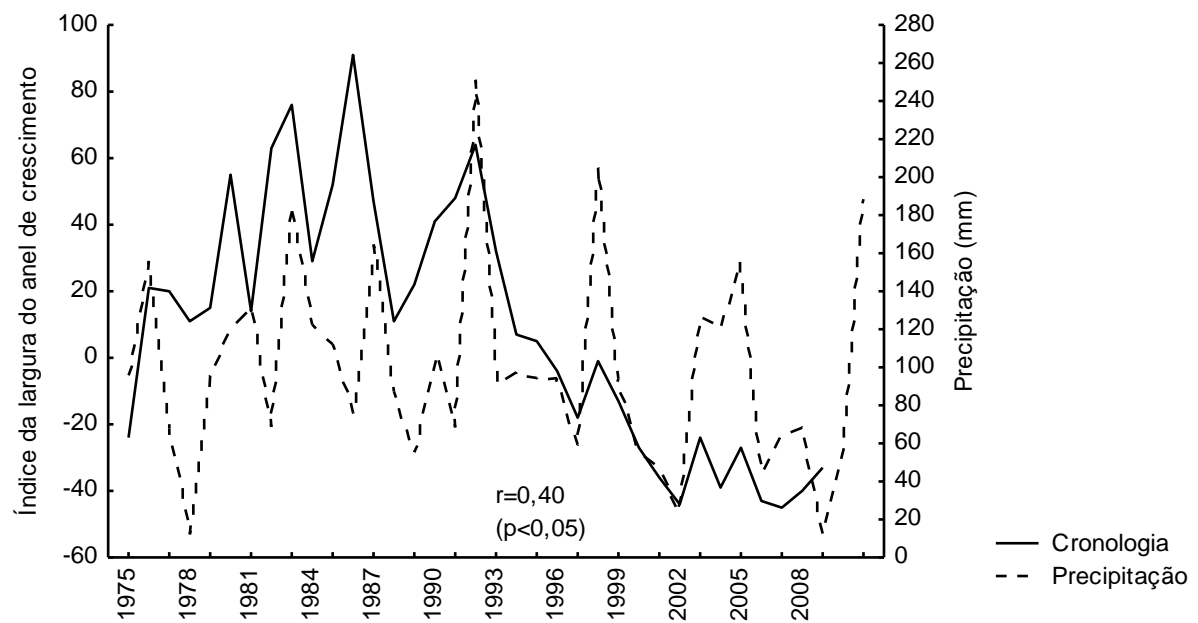


Figura 15. Correlação entre a cronologia de *A. hassleri* e a precipitação do mês de Abril.

Parâmetros Fluviométricos- As correlações entre a cronologia de *A. hassleri* e os parâmetros fluviométricos mostraram significância: duração da fase aquática (hidroperíodo) em dias de alagamento acima de 400 ($r= 0,50$), 450 ($r=0,51$), 500 ($r=0,49$) e 600 ($r=0,39$) centímetros;

cotas de inundação anual média ($r=0,50$), mínima ($r=0,48$) e máxima ($r=0,49$); e cotas de inundação média ($r=0,47$), mínima ($r=0,44$) e máxima ($r=0,45$) do período de Agosto do ano anterior à Julho do ano corrente, com as melhores correlações ilustradas nas figuras. 16 e 17.

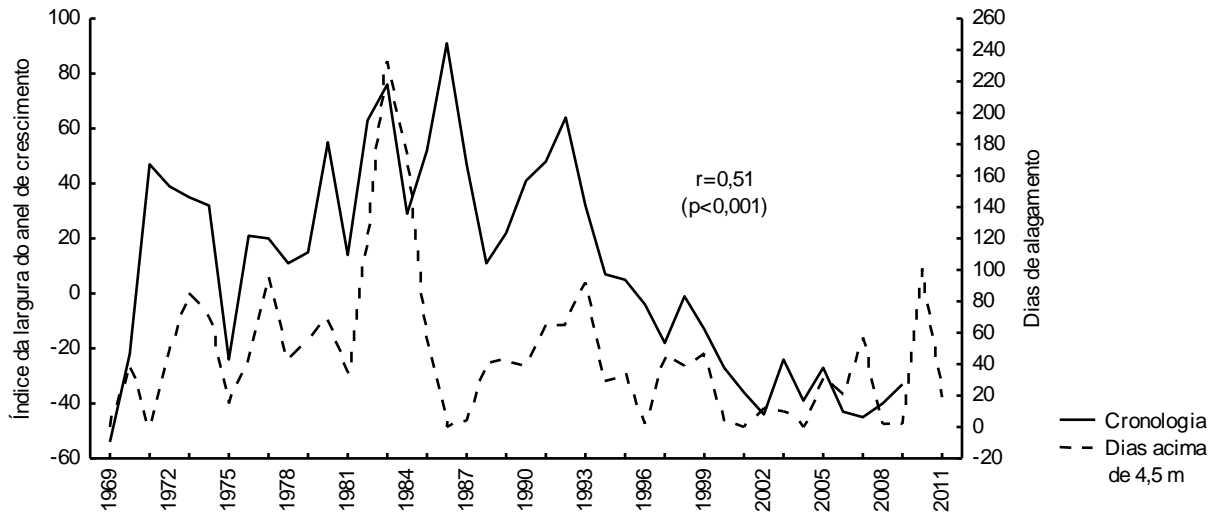


Figura 16. Correlação entre a cronologia de *A. hassleri* e a duração da fase aquática na cota de inundação de 4,5 metros.

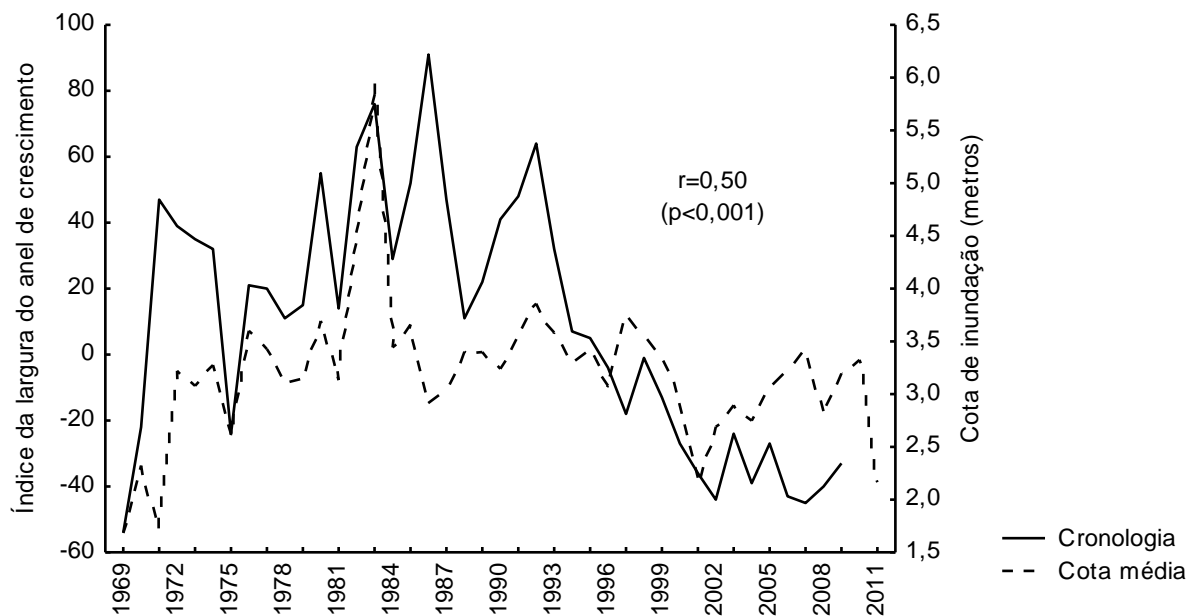


Figura 17. Correlação entre a cronologia de *A. hassleri* e a cota média de alagamento.

Anomalias de temperaturas superficiais de Oceanos (SST's)- A correlação entre a cronologia de *A. hassleri* e temperaturas oceânicas (SST's) foram negativamente significativos para ATLN, no ano anterior nos meses de Setembro ($r=-0,32$), Outubro ($r=-0,38$), Novembro ($r=-$

0,42) e Dezembro ($r=-0,47$), e no ano corrente com os meses de Janeiro ($r=-0,40$), Fevereiro ($r=-0,36$), Setembro ($r=-0,31$), Outubro ($r=-0,38$), Novembro ($r=-0,39$) e Dezembro ($r=-0,44$). A cronologia também foi relacionada, porém positivamente com o parâmetro PDO, nos meses de Setembro ($r=0,34$) e Outubro ($r=0,40$) do ano anterior, e nos meses Março ($r=0,32$), Abril ($r=0,3$), Maio ($r=0,37$), Julho ($r=0,40$), Agosto ($r=0,44$), Setembro ($r=0,39$), Outubro ($r=0,45$) e Novembro ($r=0,40$). (figs. 18, 19 e 20).

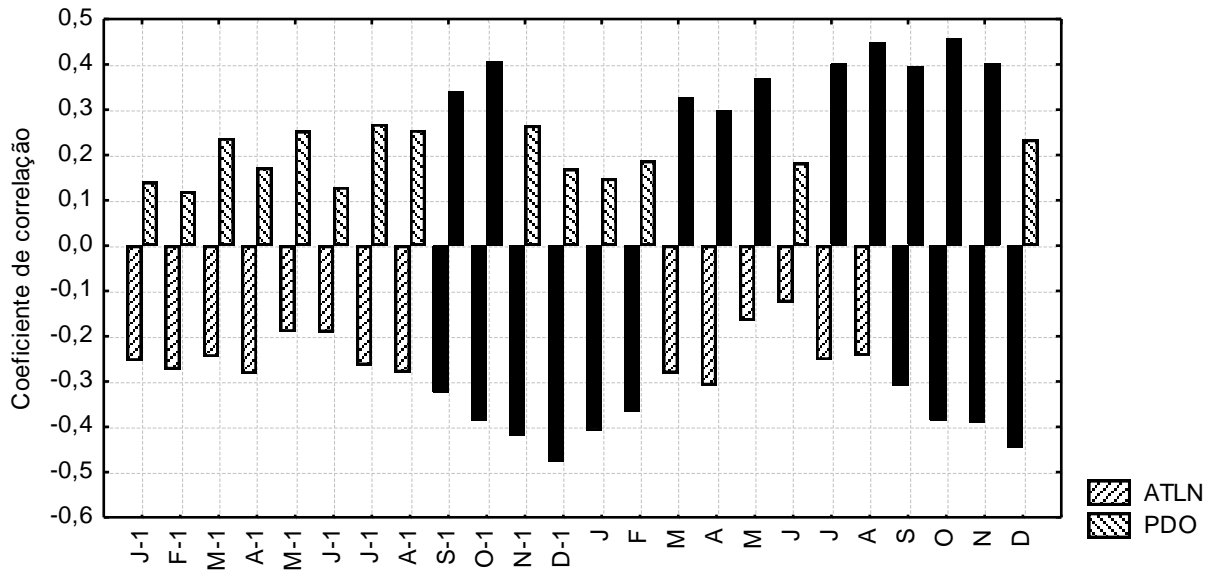


Figura 18. Coeficientes de correlação de SST's ATLN (Atlântico Tropical Norte) e PDO (Oscilação Decadal do Pacífico) e cronologia de *A. hassleri*. Colunas demarcadas em negrito são correlações significativas.

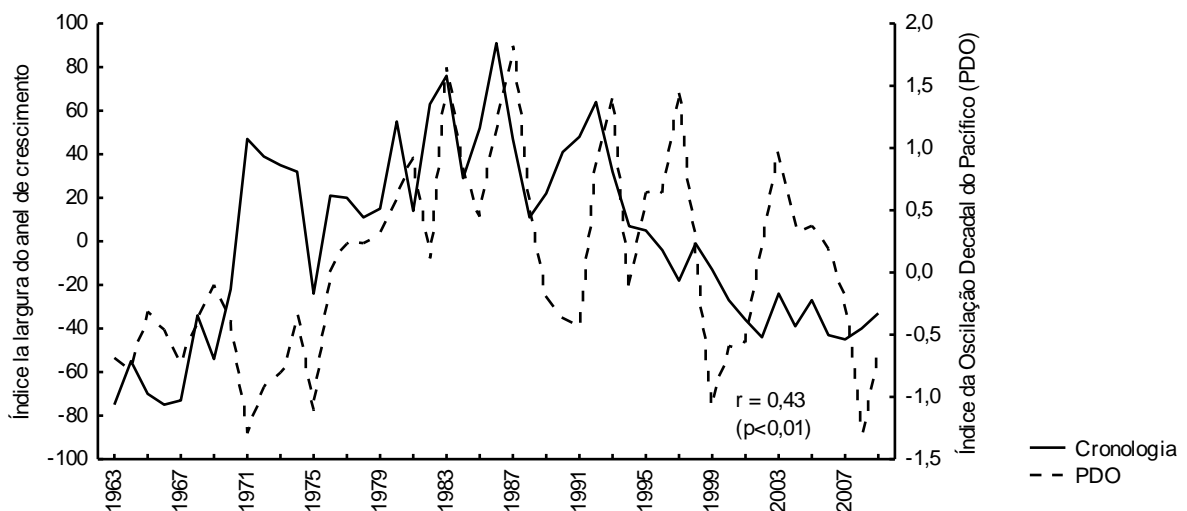


Figura 19. Correlação entre cronologia de *A. hassleri* e Oscilação Decadal do Pacífico (PDO).

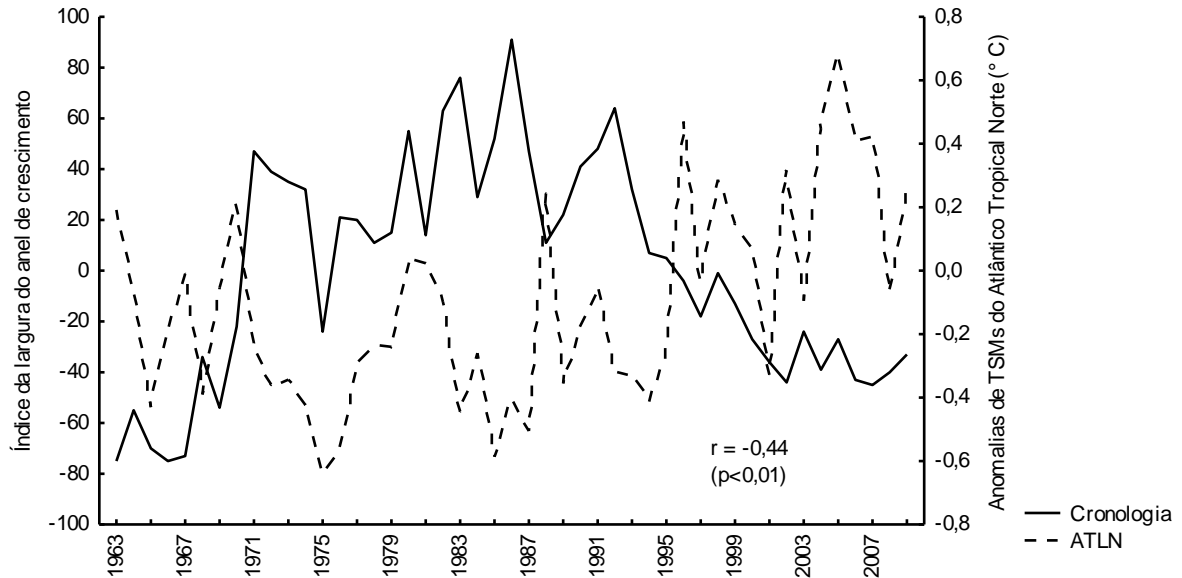


Figura 20. Correlação entre cronologia de *A. hassleri* e anomalias de temperatura do Atlântico Tropical Norte (ATLN).

A correlação entre o índice de anel de crescimento previsto, resultado da regressão múltipla composta pelas variáveis independentes: cota de inundação (até 4,5 m), PDO (índice médio do ano atual) e Atlântico Tropical Norte (média das anomalias de SST para o período de setembro do ano anterior a fevereiro do ano corrente) e o índice de anel de crescimento observado foi de $R^2=0,62$ (fig. 21). A tabela 2 mostra os valores das regressões parciais e a contribuição de cada parâmetro independente (ATLN>cota>PDO).

TABELA 1. Valores da regressão parcial entre SST's e a cronologia de *A. hassleri*.

	β	Parcial	T-valor	P
ATLN	-0,46	-0,58	-4,00	0,001
Cota	0,38	0,49	3,13	<0,01
PDO	0,27	0,37	2,23	0,05

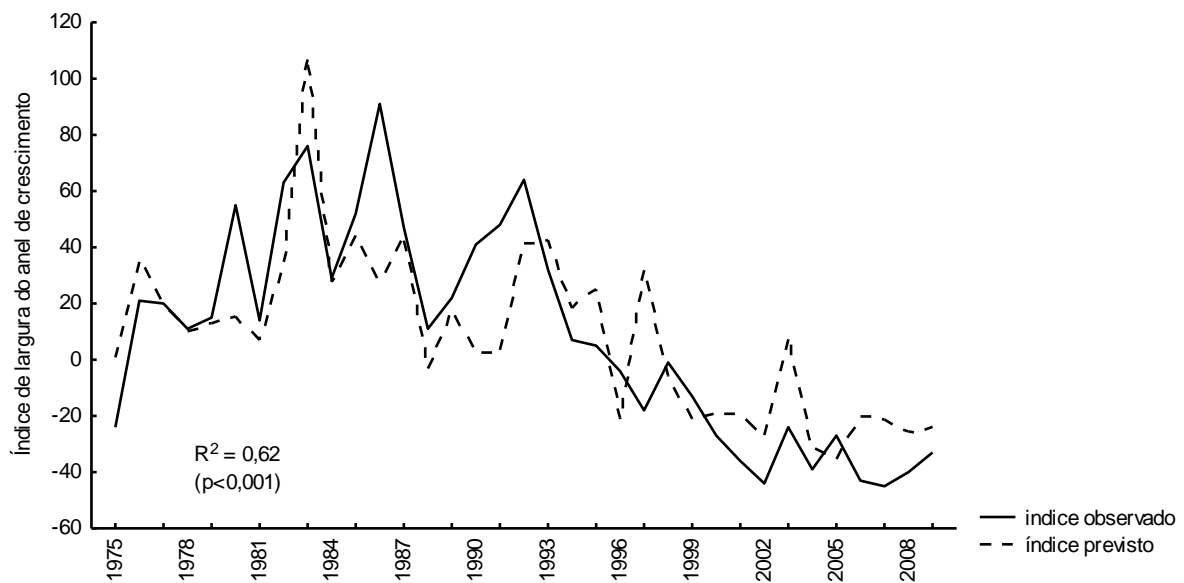


Figura 21. Correlação entre de *A. hassleri* e o índice previsto pela regressão múltipla.

DISCUSSÃO

Classificando as espécies por grau de visibilidade dos demarcadores anatômicos que definem os anéis de crescimento e considerando a preparação convencional das amostras (polimento), *Albizia hassleri*, planta decídua (Lorenzi 2008), apresenta os anéis mais visíveis, seguida pela espécie *Inga vera*, semidecídua (Lorenzi 2008), com grau de dificuldade média e por último *Nectandra falcifolia*, perenifólia (observação pessoal), com demarcação débil, impossibilitando seu uso pela dendrocronologia. Essa diversidade nos graus de visibilidade pode ser devido ao comportamento fenológico das espécies (Coster 1927, 1928, Schöngart *et al* 2002), aliado a ausência de um ou mais fatores ambientais que influenciem fortemente o crescimento vegetativo e possam levar a dormência cambial (Worbes 2004).

Quanto às correlações entre cronologias e temperatura observou-se correlação negativa, embora baixa ($r=-0,40$) da cronologia de *A. hassleri* com a temperatura média anual. As correlações mensais de temperatura (fig. 13) apontam para a influência de alguns meses na cronologia. A ausência de uma forte correlação com a temperatura pode ser devido ao fato de esta não ser um fator limitante do crescimento vegetativo para os indivíduos da área de estudo. A variação da temperatura anual, com valores abaixo ou próximo do ponto de congelamento no inverno, induz a formação de anéis de crescimento (Worbes 2004). Variação esta não observada na área de estudo (fig. 6), que nos meses mais frios (Junho e Julho), apresenta temperatura em torno de 20°C.

A ausência de correlação entre as cronologias e a precipitação total anual e a inconsistência das correlações com a precipitação total mensal (fig. 14), devem-se ao fato de que o período potencialmente limitante do crescimento vegetativo, ou seja, com precipitação abaixo de 60 mm por dois ou três meses consecutivos (Worbes 1995), ocorra no período em que teoricamente não ocorre crescimento vegetativo no hemisfério Sul, ou seja, os meses de inverno (Junho, Julho e Agosto). Na fig. 2 pode-se verificar que a precipitação abaixo de 60 mm mensais ocorre por um período de aproximadamente dois meses, concomitantemente com os dois meses historicamente mais frios para a região (fig. 6). Exceto nos meses de junho e julho, a precipitação excede a evapotranspiração (fig. 2), indicando que não há estresse hídrico causado pela ausência de água.

A correlação de cronologias e parâmetros hidrológicos tem o objetivo de evidenciar a influência destes no crescimento vegetativo, o que foi encontrado neste estudo (Tabela 2; fig. 16), pois se observou correlações positivas entre os parâmetros hidrológicos e a cronologia de *A. hassleri*. Quando o alagamento induz e modula o incremento em diâmetro arbóreo, observam-se valores de correlações negativas, assim como as observadas na Amazônia Central, com estudos de Schöngart *et al* (2002). No entanto, os valores das correlações da cronologia com os parâmetros fluviométricos encontrados nesse estudo apontam para uma influência positiva da inundação no crescimento arbóreo da espécie estudada, assim como encontrado por Dezzeo *et al* (2003), que estudando a anualidade da formação dos anéis de crescimento das espécies *Campsiandra laurifolia*, *Acosmiun nitens*, *Pouteria orinocoensis* e *Psidium ovatifolium*, por meio da datação radiocarbônica e análise das séries de larguras de anéis, em uma floresta sazonalmente alagada pelo Rio Mapire, Venezuela, relatam fortes correlações positivas entre flutuação do nível da água do rio e as a curvas indexadas das séries de anéis de crescimento das espécies avaliadas, concluindo que, provavelmente, o alagamento abasteça o lençol freático, facilitando assim o acesso à umidade pela árvore.

Em estudos que foram encontrados parâmetros hidrológicos modulando fortemente o crescimento arbóreo, os valores desses parâmetros apresentaram-se expressivamente mais altos, como nas planícies alagáveis amazônicas, onde Schöngart (2008) relatam um alagamento anual de 120-150 dias, e 336-465 cm de coluna d'água, Schöngart *et al* (2005), que relata 180-183 dias e coluna d'água de 680-690 cm, Simone *et al* (2003) que relata alagamento anual de terras baixas de 230-270 dias e amplitude da coluna d'água de 6 a 7 m.

Quando a inundação modula o crescimento vegetativo pode-se utilizar essa relação para verificar se alterações hidrológicas (antrópicas ou naturais) que ficam registradas na série de anéis de crescimento e, desta forma, reconstruí-las, como, por exemplo, no estudo de Palta

et al (2012), que detectaram variações nas taxas de incremento de árvores estabelecidas abaixo da barragem de uma hidroelétrica. Na planície alagável do Alto Rio Paraná, tomando as espécies estudadas, não foi possível fazer esta avaliação, já que seu crescimento é modulado por parâmetros fluviométricos, mas também por parâmetros de temperaturas superficiais oceânicas.

Apesar das correlações das cronologias com os parâmetros de SST's terem sido significantes em alguns meses, ainda não se conhece por qual mecanismo esses parâmetros influenciam no crescimento vegetativo, já que não influenciam diretamente no crescimento, mas por circulações atmosféricas que influenciam o regime pluviométrico e hidrológico da região.

Diversos estudos relatam a correlação entre variações nas temperaturas oceânicas com os padrões de incremento de espécies arbóreas em longas séries temporais, principalmente considerando variações interanuais, como, por exemplo, os episódios de “El Niño” e “La Niña” (Schöngart *et al* 2004, Therrell *et al* 2006). Tais correlações são possíveis porque as variações nas temperaturas oceânicas modulam o padrão de chuvas em determinadas regiões. Em casos onde a precipitação ou o alagamento são o modulador do incremento diamétrico nos indivíduos, as variações na temperatura oceânica modulam indiretamente o crescimento (Schöngart *et al* 2004, 2005, Therrell *et al* 2006).

O resultado da correlação entre os valores da regressão múltipla composta pelas variáveis: cota de inundação (até 4,5 metros), valores de PDO e ATLN, que geraram uma série de valores previstos de larguras dos anéis de crescimentos e os valores observados na série de anéis de *A. hassleri*, foi de $R^2=0,62$, o quer dizer, que a variação encontrada na série observada de anéis de crescimento, é explicada em 62% pela variação conjunta das variáveis acima mencionadas. O que é de se esperar, considerando que não há um único fator que module fortemente o crescimento vegetativo dos organismos destas espécies, nesta área de estudo.

Albizia hassleri apresentou o melhor potencial dendrocronológico, por possuir anéis de crescimento bem demarcados, sendo necessário mais indivíduos longevos para estender a cronologia. *Inga vera* apresenta anéis visíveis, porém, mais difíceis de serem demarcados, mas não mostraram correlações significativas com as variáveis ambientais. E *Nectandra falcifolia* não apresenta anéis de crescimento discerníveis em preparação rotineira de dendrocronologia. A correlação da cronologia construída para *A. hassleri* com os parâmetros fluviométricos foram significantes, porém, como esta espécie também responde aos

parâmetros mensais da variação de temperatura oceânica (SST's), impossibilita sua utilização na reconstrução do pulso de inundação e influências de barramentos.

A utilização destas espécies para estudos dendroclimatológicos nesta área de estudo é desaconselhável, devido a ausência de correlações significativas em *I. vera*, e resposta a múltiplas variáveis ambientais em *A. hassleri*. No entanto, *A. hassleri* pode ser utilizada em outros estudos que necessitem de dados dendroecológicos, como, por exemplo, estoques de biomassa, sequestro de carbono e dinâmica florestal (Worbes *et al* 2003, Brienen *et al* 2010, Schöngart *et al*, Brienen *et al* 2012), ou ainda em estudos de manejo florestal (Schöngart 2008).

REFERÊNCIAS

- ANTONIC, O., HATIC, D., KRIAN, J., AND BUKOVEC, D. 2001. Modelling groundwater regime acceptable for the forest survival after the building of the hydro-electric power plant. *Ecol. Model.* 138: 277-288.
- BORCHERT, R. 1998. Responses of tropical trees to rainfall seasonality and its longterm changes. *Climatic Change* 39: 381–393.
- BRIENEN, R. J. W., ZUIDEMA, P.A., AND MARTÍNEZ-RAMOS, M. 2010. Attaining the canopy in dry and moist tropical forests: Strong differences in tree growth trajectories reflect variation in growing conditions. *Oecologia* 163: 485-496.
- BRIENEN, R. J. W., GLOOR, E., AND ZUIDEMA, P. 2012. Detecting evidence for CO₂ fertilization from tree studies: the potential role of sampling biases. *Global Biogeochemical Cycles* 26. Doi:10.1029/2011GB004143.
- CECCANTINI, G., GAMBOA, C. S., AND SCHÖNGART, J. 2008. Os anéis de crescimento das árvores: desvendando as mudanças climáticas. In: Buckeridge, M.S. *Biologia & Mudanças climáticas no Brasil*. Ed. Rima, São Carlos, Brasil.
- CORREA, J.A.R., GRAJALES, E.C.M., AND ESCOBAR, M.B. Anillos anuales y clima en *Rhizophora mangle* l. de la bahía de Cispatá, Colombia. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín* 63: 5639-5650.
- COSTER, C. 1927. Zur Anatomie und Physiologie der Zuwachszonen-und Jahresringbildung in den Tropen. I. *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg* 37: 49-161.
- COSTER, C. 1928. Zur Anatomie und Physiologie der Zuwachszonen-und Jahresringbildung in den Tropen. II. *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg* 38: 1-114.
- DEZZEO, N., WORBES, M., ISHII, I., AND HERRERA, R. 2003. Annual tree rings revealed by radiocarbon dating in seasonally flooded forest of the Mapire River, a tributary of the lower Orinoco River, Venezuela. *Plant Ecology* 168: 165–175.
- JUNK, W.J., BAYLEY, P.B., AND SPARKS, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain-systems. In: DODGE, D.P. (Ed.), *Proceedings of the International Large River Symposium*, Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 106, pp. 110–127.
- KAENNEL, M., AND F. H. SCHWEINGRUBER. 1995. Multilingual glossary of dendrochronology. Terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese, and Russian. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Berne, Switzerland.

- KOTTEK, M., J. GRIESER, C. BECK, B. RUDOLF, AND RUBEL, F. 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Z.* 15: 259-263. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.
- LISI, C. S., TOMAZELLO, M.F, BOTOSSO, P. C., ROIG, F.A., MARIA, V.R.B., FERREIRA-FEDELE, L., AND VOIGT, A.R.A. 2008. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. *IAWA Journal*: 29: 189–207.
- LOBO, P.C., AND JOLY, C.A. 2002. Aspectos ecofisiológicos da vegetação de mata ciliar do sudoeste do Brasil. In: RODRIGUES, R.R. LEITÃO-FILHO, H.F. (Eds.), *Matas ciliares: conservação e recuperação*. Edusp, São Paulo, Brasil.
- LORENZI, A. 2008. *Árvores Brasileiras*. Volume 4, 5ª edição. Ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, Brasil.
- NEIFF, J.J. 1990. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. *Interciencia* 15: 424-441.
- OSTERKAMP, W. R., AND HUPP, C.R. 2010. Fluvial processes and vegetation- glimpses of the past, the present, and perhaps the future. *Geomorphology* 116: 272-285.
- PALTA, M. M., DOYLE, T. W., JACKSON, C. R., MEYER, J. L., AND SHARITZ, R. R. 2012. Changes in diameter growth of *Taxodium distichum* in response to flow alterations in the Savannah River. *Wetlands* 32: 59-71.
- PAROLIN, P., WITTMANN, F., SCHÖNGART, J., AND PIEDADE, M.T.F. 2004. Amazonian várzea forests: adaptative strategies of trees as tools for forest management. *Ecologia Aplicada* 3: 180-184.
- PILCHER, J.R. 1990. Sample preparation, cross-dating, and measurement. In: COOK, E.R., AND KAIRIUKSTIS, L.A. (ed). *Methods of Dendrochronology, Applications in the Environmental Sciences*. Kluwer, Dordrecht, Boston.
- ROBERT, E.M.R., SCHMITZ, N., OKELLO, J.A., BEEKMAN, H., AND KOEDAM, N. 2011. Mangrove growth rings: fact or fiction? *Trees* 25:49–58.
- ROBERTO, M.C., SANTANA, N.F, AND THOMAZ, S.M. 2009. Limnology in the Upper Paraná River floodplain: large-scale spatial and temporal patterns, and the influence of reservoirs. *Braz. J. Biol.* 69: 717-725.
- SCHÖNGART, J., ARIEIRA, J., FORTES, C. F., ARRUDA, E. C., AND CUNHA, C. N. 2011. Age-related and stand-wise estimates of carbon stocks and sequestration in the aboveground coarse wood biomass of wetland forests in the northern Pantanal, Brazil. *Biogeosciences*, 8: 3407–3421.

- SCHÖNGART, J. 2008. Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. *For. Ecol. Manage.* 256: 46–58.
- SCHÖNGART, J., PIEDADE, M. T. F., WITTMANN, F., JUNK, W. J., AND WORBES, M. 2005: Wood growth patterns of *Macaranga acaciifolia* (Benth.) Benth. (Fabaceae) in Amazonian black-water and white-water floodplain forests. *Oecologia*. DOI 10.1007/s00442-005-0147-8
- SCHÖNGART, J., PIEDADE, M. T. F., LUDWIGSHAUSEN, S., HORNA, V., AND WORBES, M. 2002. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. *J. Trop. Ecol.* 18: 581–597.
- SCHÖNGART, J., JUNK, W. J., PIEDADE, M. T. F., AYRES, J. M., HÜTTERMANN, A., AND WORBES, M. 2004. Teleconnection between tree growth in the Amazonian floodplains and the El Niño–Southern Oscillation effect. *Global Change Biology* 10: 683–692.
- SCHWEINGRUBER, F.H. 1996. *Tree Rings and Environment. Dendroecology*. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Berne, Switzerland.
- SENTELHAS, P.C., PEREIRA, A.R., MARTIN, F.R., ANGELOCCI, L.R., ALFONSI, R.R., CARAMORI, P.H., AND SWART, S. 2008. Balanços hídricos climatológicos do Brasil. Disponível em <http://www.leb.esalq.usp.br/nurma.html>.
- SIMONE, O. DE; JUNK, W. J., AND SCHMIDT, W. 2003. Central Amazon Floodplain Forests: Root Adaptations to Prolonged Flooding. *Russian Journal of Plant Physiology* 50: 848–855.
- SIMONE, O. DE., MÜLLER, E., JUNK, W. J., AND SCHMIDT, W. 2002. Adaptations of central amazonian tree species to prolonged flooding: root morphology and leaf longevity. *Plant. Biol.* 4: 515-522.
- SOUZA-FILHO, E. E., AND STAVAUUX, J. C. 1997. Geologia e Geomorfologia do complexo Rio Baía, Curutuba e Ivinhema. *In: A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. VAZOLER, A. E. A. M., AGOSTINHO, A. A., HAHN, N. S. (Eds)- EDUEM, Maringá, Brasil.
- SOUZA-FILHO, E.E. 2009. Evaluation of the Upper Paraná River discharge controlled by Reservoirs. *Braz. J. Biol.* 69: 707-716.
- STEVAUX, J.C., MARTINS, D. P., AND MEURER, M. 2009. Changes in a large regulated tropical river: The Paraná River downstream from the Porto Primavera Dam, Brazil. *Geomorphology* 113: 230-238.

- SUZUKI, H.I., AGOSTINHO, A.A., BAILLY, D., GIMENES, M.F., JÚLIO-JUNIOR, H.F., AND GOMES, L.C. 2009. Inter-annual variations in the abundance of young-of-the-year of migratory fishes in the Upper Paraná River Floodplain: relations with hydrographic attributes. *Braz. J. Biol.*, 69: 649-660.
- THERRELL, M. D., STAHL, D. W., RIES, L. P., AND SHUNGART, H. H. 2006. Tree-ring reconstructed rainfall variability in Zimbabwe. *Climate Dynamics* 26: 677-685.
- TREMBLAY, M. AND BÉGIN, Y. 2000. The response of black spruce to the climatic influence of Robert-Bourassa Reservoir in northern Québec. *Écoscience* 7: 228-236.
- TUNDISI, J.G., AND TUNDISI, T.M. 2008. *Limnologia*. Oficina de Textos, São Paulo, Brasil.
- VERHEYDEN, A., KAIRO, A.J.G., BEECKMAN, H., AND KOEDAM, N. 2004. Growth rings, growth ring formation and age determination in the mangrove *Rhizophora mucronata*. *Annals of Botany* 94: 59-66.
- WORBES, M. 1999. Annual growth rings, rainfall dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *J. Ecol.* 87: 391-403.
- WORBES, M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees a review. *IAWA Journal*. 16: 337-351.
- WORBES, M. 2004. Tree ring Analysis. *In*: Burley, J. Evans, J. Youngquist, J.A. (ed). *Encyclopedia of tree forest sciences*. Academic Press, Elsevier Science, New York, USA.
- WORBES, M., STASCHEL, R., ROLOFF, A., AND JUNK, W.J. 2003. Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. *For. Ecol. Manage.* 173: 105-123.
- WITTMANN, F., JUNK, W. J., AND PIEDADE, M. T. F. 2004. The várzea forests in Amazonia: flooding and the highly dynamic geomorphology interact with natural forest succession. *For. Ecol. Manage.*: 196 199-212.

ANEXO

BIOTROPICA – JOURNAL OF THE ASSOCIATION FOR TROPICAL BIOLOGY AND CONSERVATION

CHECKLIST FOR PREPARATION OF MANUSCRIPTS AND ILLUSTRATIONS (updated February 2010)

Online submission and review of manuscripts is mandatory effective 01 January 2005.

Please format your paper according to these instructions and then go to the following website to submit your manuscript (<http://mc.manuscriptcentral.com/bitr>). Contact the BIOTROPICA Office for assistance if you are unable to submit your manuscript via Manuscript Central (biotropica@env.ethz.ch).

Authors are requested to provide a **cover letter** that details the **novelty, relevance** and **implications** of their work, and a brief explanation of the suitability of the work for BIOTROPICA. The number of words in the manuscript should also be given in the cover letter. Owing to limited space within Biotropica we ask authors to place figures and tables that do not have central relevance to the manuscript as online Supporting Information (SI). SI accompanies the online version of a manuscript and will be fully accessible to everyone with electronic access to Biotropica. Authors are welcome to submit supplementary information, including photographs, for inclusion as SI, although all such material must be cited in the text of the printed manuscript. The Editor reserves the right to make decisions regarding tables, figures and other materials in SI. If authors disagree with the Editor's decision, they could ask for such tables and figures to be included in the printed article on the condition that the authors cover the additional page charges incurred at the rate of US \$60 per page.

I. General Instructions

- ⊙ Publication must be in English, but second abstract in other languages (such as Spanish, French, Portuguese, Hindi, Arabic, Chinese etc.) may be published as online Supporting Information. BIOTROPICA offers assistance in editing manuscripts if this is required (see English Editorial Assistance below). Second abstracts will **not** be copy-edited and the author(s) must take full responsibility for content and quality.
- ⊙ Manuscripts may be submitted in the following categories, based on these suggested word limits:
 - Paper (up to 5000 words)
 - Insights (up to 2000 words)
 - Review (up to 8000 words)
 - Commentary (up to 2000 words)
 Word counts exclude title page, abstract(s), literature cited, tables, figures, or appendices.
- ⊙ Use 8.5" x 11" page size (letter size). Double space everything, including tables, figure legends, abstract, and literature cited.
- ⊙ Use a 1" margin on all sides. Align left. Avoid hyphens or dashes at ends of lines; do not divide a word at the end of a line.
- ⊙ Use standard 12 point type (Times New Roman).
- ⊙ Indent all but the first paragraph of each section.
- ⊙ Use italics instead of underline throughout. Italicize non-English words such as *e.g.*, *i.e.*, *et al.*, *cf.*, *ca. n.b.*, *post-hoc*, and *sensu* (the exceptions being 'vs.' and 'etc.').
- ⊙ Include page number in the centre of all pages. Do use line numbering starting on each page.

- ⊕ Cite each figure and table in the text. Tables and figures must be numbered in the order in which they are cited in the text.
- ⊕ Use these abbreviations: yr (singular & plural), mo, wk, d, h, min, sec, diam, km, cm, mm, ha, kg, g, L, g/m²
- ⊕ For units, avoid use of negative numbers as superscripts: use the notation /m² rather than m⁻².
- ⊕ Write out other abbreviations the first time they are used in the text; abbreviate thereafter: "El Niño Southern Oscillation (ENSO) . . ."
- ⊕ Numbers: Write out one to ten unless a measurement (*e.g.*, four trees, 6 mm, 35 sites, 7 yr, 10 × 5 m, > 7 m, ± SE) or in combination with other numbers (*e.g.*, 5 bees and 12 wasps). Use a comma as a separator in numbers with **more than** four digits (*i.e.*, 1000, but 10,000); use decimal points as in 0.13; 21°C (no spaces); use dashes to indicate a set location of a given size (*e.g.*, 1-ha plot).
- ⊕ Spell out 'percent' except when used in parentheses (20%) and for 95% CI.
- ⊕ Statistical abbreviations: Use italics for *P*, *N*, *t*, *F*, *R*², *r*, *G*, *U*, *N*, χ^2 (italics, superscripts non-italics); but use roman for: df, SD, SE, SEM, CI, two-way ANOVA, ns
- ⊕ Dates: 10 December 1997; Times: 0930 h, 2130 h
- ⊕ Latitude and Longitude are expressed as: 10°34'21" N, 14°26'12" W
- ⊕ Above sea level is expressed as: asl
- ⊕ Regions: SE Asia, UK (no periods), but note that U.S.A. includes periods.
- ⊕ Geographical place names should use the English spelling in the text (Zurich, Florence, Brazil), but authors may use their preferred spelling when listing their affiliation (Zürich, Firenze, Brasil).
- ⊕ Lists in the text should follow the style: ... : (1)... ; (2)...; and (3)..., as in, "The aims of the study were to: (1) evaluate pollination success in *Medusagyne oppositifolia*; (2) quantify gene flow between populations; and (3) score seed set."
- ⊕ Each reference cited in text must be listed in the Literature Cited section, and vice versa. Double check for consistency, spelling and details of publication, including city and country of publisher.
- ⊕ For manuscripts ACCEPTED for publication but not yet published, cite as Yaz (in press) or (Yaz, in press). Materials already published online can be cited using the digital object identifier (doi)
- ⊕ Literature citations in the text are as follows:
 - One author: Yaz (1992) or (Yaz 1992)
 - Two authors: Yaz and Ramirez (1992); (Yaz & Ramirez 1992)
 - Three or more authors: Yaz *et al.* (1992), but include ALL authors in the literature cited section.
- ⊕ Cite unpublished materials or papers not in press as (J. Yaz, pers. obs.) or (J. Yaz, unpubl. data). Initials and last name must be provided. 'In prep' or 'submitted' are NOT acceptable, and we encourage authors not to use 'pers. obs.' or 'unpubl. data' unless absolutely necessary. Personal communications are cited as (K. A. Liston, pers. comm.).
- ⊕ Use commas (Yaz & Taz 1981, Ramirez 1983) to separate citations, BUT use semicolon for different types of citations (Fig. 4; Table 2) or with multiple dates per author (Yaz *et al.* 1982a, b; Taz 1990, 1991). Order references by year, then alphabetical (Azy 1980, Yaz 1980, Azy 1985).
- ⊕ Assemble manuscripts in this order:
 - Title page
 - Abstract (s)
 - Key words
 - Text
 - Acknowledgments (spelled like this)
 - Literature cited

Tables
 Appendix (when applicable)
 Figure legends (one page)
 Figures

- ⊗ For the review purpose, submit the entire manuscript, with Tables, Figure legends and Figures embedded at the end of the manuscript text, as a Microsoft Word for Windows document (*.doc), or equivalent for Mac or Linux. Do NOT submit papers as pdf files.

II. Title Page

(Do not number the title page)

- ⊗ Running heads two lines below top of page.

LRH: Yaz, Pirozki, and Peigh (may not exceed 50 characters or six author names; use Yaz *et al.*)

RRH: Seed Dispersal by Primates (use capitals; may not exceed 50 characters or six words)

- ⊗ Complete title, flush left, near middle of page, Bold Type and Initial Caps, usually no more than 12 words.
- ⊗ Where species names are given in the title it should be clear to general readers what type(s) of organism(s) are being referred to, either by using Family appellation or common name. For example: ‘Invasion of African Savanna Woodlands by the Jellyfish tree *Medusagyne oppositifolia*’, or ‘Invasion of African Savanna Woodlands by *Medusagyne oppositifolia* (Medusagynaceae)’
- ⊗ Titles that include a geographic locality should make sure that this is clear to the general reader. For example: ‘New Species of Hummingbird Discovered on Flores, Indonesia’, and NOT ‘New Species of Hummingbird Discovered on Flores’.
- ⊗ Below title, include author(s) name(s), affiliation(s), and unabbreviated complete address(es). Use superscript number(s) following author(s) name(s) to indicate current location(s) if different than above. In multi-authored papers, additional footnote superscripts may be used to indicate the corresponding author and e-mail address. **Please refer to a current issue.**
- ⊗ At the bottom of the title page every article must include: Received ____; revision accepted ____ . (BIOTROPICA will fill in dates.)

III. Abstract Page

(Page 1)

- ⊗ Abstracts should be concise (maximum of 250 words for papers and reviews; 50 words for Insights; no abstract for Commentary). Include brief statements about the intent, materials and methods, results, and significance of findings. The abstract of Insights should emphasise the novelty and impact of the paper.
- ⊗ Do not use abbreviations in the abstract.
- ⊗ **Authors are strongly encouraged to provide a second abstract in the language relevant to the country in which the research was conducted**, and which will be published as online Supporting Information. This second abstract should be embedded in the manuscript text following the first abstract.
- ⊗ Provide up to eight key words after the abstract, separated by a semi-colon (;). Key words should be listed alphabetically. Include location, if not already mentioned in the title. See style below. Key words should NOT repeat words used in the title. Authors should aim to provide informative key words—avoid words that are too broad or too specific.
- ⊗ *Key words:* Melastomataceae; *Miconia argentea*; seed dispersal; Panama; tropical wet forest.—Alphabetized and key words in English only.

IV. Text

(Page 2, etc) See General Instructions above, or recent issue of BIOTROPICA (Section I).

- ⊕ No heading for Introduction. First line or phrase of Introduction should be SMALL CAPS.
- ⊕ Main headings are **METHODS**, **RESULTS**, and **DISCUSSION**: All CAPITALS and **Bold**. Flush left, one line.
- ⊕ One line space between main heading and text
- ⊕ Second level headings: SMALL CAPS, flush left, Capitalize first letter, begin sentence with em-dash, same line (*e.g.*, INVENTORY TECHNIQUE.—The ant inventory...).
- ⊕ Use no more than second level headings.
- ⊕ Do not use footnotes in this section.
- ⊕ References to figures are in the form of ‘Fig. 1’, and tables as ‘Table 1’. Reference to online Supporting Information is as ‘Fig. S1’ or ‘Table S1’.

V. Literature Cited

(Continue page numbering and double spacing)

- ⊕ No ‘in prep.’ or ‘submitted’ titles are acceptable; cite only articles published or ‘in press’. ‘In press’ citations must be accepted for publication. Include journal or publisher.
- ⊕ Verify all entries against original sources, especially journal titles, accents, diacritical marks, and spelling in languages other than English.
- ⊕ Cite references in alphabetical order by first author's surname. References by a single author precede multi-authored works by the same senior author, regardless of date.
- ⊕ List works by the same author chronologically, beginning with the earliest date of publication.
- ⊕ Insert a period and space after each initial of an author's name; example: YAZ, A. B., AND B. AZY. 1980.
- ⊕ Authors Names: use SMALL CAPS.
- ⊕ **Every** reference should spell out author names as described above. BIOTROPICA no longer uses ‘em-dashes’ (—) to substitute previously mentioned authors.
- ⊕ Use journal name abbreviations (see <http://www.bioscience.org/atlas/jourabbr/list.htm>). If in doubt provide full journal name.
- ⊕ Double-space. Hanging indent of 0.5 inch.
- ⊕ Leave a space between volume and page numbers and do not include issue numbers. 27: 3–12
- ⊕ Article in books, use: AZY, B. 1982. Title of book chapter. *In* G. Yaz (Ed.). Book title, pp. 24–36. Blackwell Publications, Oxford, UK.
- ⊕ Dissertations, use: ‘PhD Dissertation’ and ‘MSc Dissertation’.

VI. Tables

(Continue page numbering)

- ⊕ Each table must start on a separate page, double-spaced. The Table number should be in Arabic numerals followed by a period. Capitalize first word of title, double space the table caption. Caption should be italicized, except for words and species names that are normally in italics.
- ⊕ Indicate footnotes by lowercase superscript letters (, ^a , ^b , ^c , etc.).
- ⊕ Do not use vertical lines in tables.
- ⊕ Ensure correct alignment of numbers and headings in the table (see current issues)
- ⊕ Tables must be inserted as a Word table or copy and pasted from Excel in HTML format.

VII. Figure Legends

(Continue page numbering)

- ⊗ Double-space legends. All legends on one page.
- ⊗ Type figure legends in paragraph form, starting with 'FIGURE' (uppercase) and number.
- ⊗ Do not include 'exotic symbols' (lines, dots, triangles, etc.) in figure legends; either label them in the figure or refer to them by name in the legend.
- ⊗ Label multiple plots/images within one figure as A, B, C etc, as in 'FIGURE 1. Fitness of *Medusagyne oppositifolia* as indicated by (A) seed set and (B) seed viability', making sure to include the labels in the relevant plot.

VIII. Preparation of Illustrations or Graphs

Please consult <http://www.blackwellpublishing.com/bauthor/illustration.asp> for detailed information on submitting electronic artwork. We urge authors to make use of online Supporting Information, particularly for tables and figures that do not have central importance to the manuscript. If the editorial office decides to move tables or figures to SI, a delay in publication of the paper will necessarily result. We therefore advise authors to identify material for SI on submission of the manuscript.

- ⊗ Black-and-white or half-tone (photographs), drawings, or graphs are all referred to as 'Figures' in the text. Consult editor about color figures. Reproduction is virtually identical to what is submitted; flaws will not be corrected. Consult a recent issue of BIOTROPICA for examples.
- ⊗ If it is not possible to submit figures embedded within the text file, then submission as *.pdf, *.tif or *.eps files is permissible.
- ⊗ Native file formats (Excel, DeltaGraph, SigmaPlot, etc.) cannot be used in production. When your manuscript is accepted for publication, for production purposes, authors will be asked upon acceptance of their papers to submit:
 - Line artwork (vector graphics) as *.eps, with a resolution of > 300 dpi at final size
 - Bitmap files (halftones or photographs) as *.tif or *.eps, with a resolution of >300 dpi at final size
- ⊗ Final figures will be reduced. Be sure that all text will be legible when reduced to the appropriate size. Use large legends and font sizes. We recommend using Arial font (and NOT Bold) for labels within figures.
- ⊗ Do not use negative exponents in figures, including axis labels.
- ⊗ Each plot/image grouped in a figure or plate requires a label (*e.g.*, A, B). Use upper case letters on grouped figures, and in text references.
- ⊗ Use high contrast for bar graphs. Solid black or white is preferred.

IX. Insights (up to 2000 words)

Title page should be formatted as with Papers (see above)

- ⊗ No section headings.
- ⊗ Up to two figures or tables (additional material can be published as online Supporting Information).

X. Appendices

- ⊗ We do NOT encourage the use of Appendices unless absolutely necessary. Appendices will be published as online Supporting Information in almost all cases.
- ⊗ Appendices are appropriate for species lists, detailed technical methods, mathematical equations and models, or additional references from which data for figures or tables have been derived (*e.g.*, in a review paper). If in doubt, contact the editor.

- ⊕ Appendices must be referred to in the text, as Appendix S1. Additional figures and tables may be published as SI (as described above), but these should be referred to as Fig. S1, Table S1.
- ⊕ Appendices should be submitted as a separate file.
- ⊕ The editor reserves the right to move figures, tables and appendices to SI from the printed text, but will discuss this with the corresponding author in each case.

English Editorial Assistance

Authors for whom English is a second language may choose to have their manuscript professionally edited before submission to improve the English and to prepare the manuscript in accordance with the journal style. Biotropica provides this service at the cost of US\$ 25, - per hour. Please contact the Biotropica office at Biotropica@env.ethz.ch if you wish to make use of this service. The service is paid for by the author and use of a service does not guarantee acceptance or preference for publication.

Manuscripts that are scientifically acceptable but require rewriting to improve clarity and to conform to the Biotropica style will be returned to authors with a provisional acceptance subject to rewriting. Authors of such papers may use the Biotropica editing service at the cost of US\$ 25, - per hour for this purpose.

Most papers require between two to four hours, but this is dependent on the work required. Authors will always be contacted should there be any uncertainty about scientific meaning, and the edited version will be sent to authors for final approval before proceeding with publication.

Questions? Please consult the online user's guide at Manuscript Central first before contacting the editorial office

Phone: 0041 44 632 89 45

Editor's Phone: 0041 44 632 86 27

Fax: 0041 44 632 15 75

biotropica@env.ethz.ch

Please use this address for all inquiries concerning manuscripts and editorial correspondence