



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL E VEGETAL

ESTUDOS DENDROECOLÓGICOS DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS EM
FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL

Doutorando. Daniel Rodrigo Montanher

Orientador: Prof. Dr. Edmilson Bianchini

Co-orientador: Dr. Paulo Cesar Botosso - Embrapa Floresta

Londrina, PR

2016

INTRODUÇÃO

Etiologicamente, dendrocronologia significa o estudo das camadas de crescimento presentes no xilema secundário das árvores, ao longo do tempo (Stokes & Smiley, 1996). Como ciência, a dendrocronologia é amplamente utilizada em reconstruções ambientais e é, hoje, o campo de pesquisas com melhores resultados e mais exatidão, devido à resolução anual e replicabilidade, duas características inerentes aos estudos com anéis de crescimento.

O aumento no número das células e o desenvolvimento celular podem ser traduzidos genericamente como crescimento do indivíduo. Assim como a água, a quantidade de energia radiante que chega até os órgãos fotossintetizantes também tem uma importância direta no processo de crescimento, já que para se dividirem, as células meristemáticas (tanto apicais quanto laterais) necessitam de suprimento energético adequado.

De forma geral, existem três grandes moduladores do crescimento diamétrico em árvores: em áreas de altitude e extratropicais é a temperatura, já que valores abaixo ou próximo ao ponto de congelamento no inverno cessam o crescimento (Worbes, 1989). Nas áreas tropicais, a precipitação pode modular o crescimento de duas formas: em terras altas, a alternância entre um período chuvoso e um período seco (Worbes, 1989; Borchert, 1998 Lisi *et al.*, 2008); e em planícies fluviais, a alternância de um período seco e um período alagado (Worbes, 1989; Schöngart *et al.*, 2002).

É interessante ressaltar o fato de que embora uma população esteja sob influência de um determinado modulador, dependendo de variações entre sítios de ocupação, os indivíduos responderão de forma diferenciada apresentando ritmos de crescimento distintos (Fritts, 1976; Schöngart *et al.*, 2005).

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 (Kozlowski, 2002).

Estudos prévios executados em locais com a mesma formação florestal têm apontando a influencia direta da precipitação no incremento diamétrico e formação dos anéis de crescimento (Lisi *et al*, 2008). Entretanto, a correlações das curvas de crescimento com as curvas de precipitação não são altas, quando comparadas com os valores de correlação observadas em outras regiões (Briennen *et al* , 2010). Uma possível explicação para as baixas correlações seria o fato de que os indivíduos dessa formação florestal respondam as variáveis ambientais em conjunto, possibilidade essa que será abordada neste trabalho.

Ainda que nos trópicos a variação na quantidade de horas de luz entre o solstício de inverno e o solstício de verão seja pequena, quando comparada com áreas extra-tropicais, a variação da quantidade de energia radiante que chega em um determinado indivíduo pode ser influenciada por diversas variáveis que podem ser decompostas em dois grupos: fatores abióticos e fatores biológicos. No primeiro grupo, podemos considerar como variáveis: a quantidade de energia radiante que chega na camada mais alta da atmosfera, sendo que este fator varia de acordo com a posição geográfica da região; a quantidade de aerossóis e partículas dispersos na atmosfera e a cobertura por nuvens (Barry & Chorley, 2003).

No segundo grupo de variáveis, podemos incluir a idade e a posição do indivíduo em relação aos vizinhos, sendo que indivíduos mais altos sombreiam os mais baixos (Lorimer, 1983; Pacada *et al.*, 1996). Desse processo de sombreamento decorre uma competição pela luz, constitui-se duas estratégias ecológicas distintas para esta situação: algumas espécies apresentam um crescimento rápido, consideradas também como intolerantes à sombra e outras espécies apresentam um crescimento mais lento, porém são tolerantes à sombra (Clark & Clark, 1992; King *et al*, 2005).

Vários estudos abordaram o tema da variação da quantidade de energia radiante e o crescimento de plântulas, sendo que alguns deles tinham como objetivo verificar se haveria uma

relação entre sobrevivência e crescimento e quantidade de energia radiante (Augspurger, 1984; Kobe, 1999; Poorter, 1999; Pagès *et al*, 2003), ou ainda, se variações na quantidade energética disponível alteraria características morfo-fisiológicas (Poorter, 1999; Sapijanskas *et al*, 2014).

Outros autores abordam a questão do ponto de vista do aumento da intensidade luminosa devido à abertura de clareiras e a consequência no crescimento de árvores, mas principalmente em plantas jovens, ou seja, aquelas que já passaram pelo estágio de plântulas, porém ainda não são considerados indivíduos adultos (Canham, 1988; Belsky & Canham, 1994; McCarthy, 2001)

Com base nos trabalhos supracitados, fica explicitado o quão importante é a quantidade de energia que chega até os indivíduos, porém poucos estudos relacionam diretamente ou indiretamente a quantidade de energia radiante incidente e o crescimento diamétrico por meio da dendrocronologia.

JUSTIFICATIVA: Compreensão da relação entre as variáveis ambientais e bióticas com o crescimento diamétrico em cinco espécies arbóreas mais abundantes para o aporte de informações ecológicas para o entendimento da dinâmica florestal deste tipo de vegetação.

OBJETIVOS:

- Quantificar o incremento diamétrico e sua relação com variáveis ambientais e biológicas em indivíduos de cinco espécies arbóreas em fragmento de floresta estacional semidecidual;
- Identificar o período de formação e crescimento das células de xilema secundário;
- Identificar as etapas fenológicas e relacionar com as variáveis ambientais;
- Construção da série temporal de quantidade de energia radiante em período pré-instrumental.

METODOLOGIAS

A área de estudo é pertencente ao Parque Estadual Mata dos Godoy (Figura 1), situado a aproximadamente 15 quilômetros de Londrina-PR e possuindo uma área de 650 ha (Torezan,

2006) Ao lado do Parque Nacional do Iguaçu, em Foz do Iguaçu - PR (185.262 ha) e da Reserva Biológica das Perobas, no município de Tuneiras do Oeste - PR (8.716 ha) (disponível em <http://www.icmbio.gov.br/>), o parque representa um importante reduto de biodiversidade paranaense neste bioma já tão fragmentado, a Mata Atlântica.

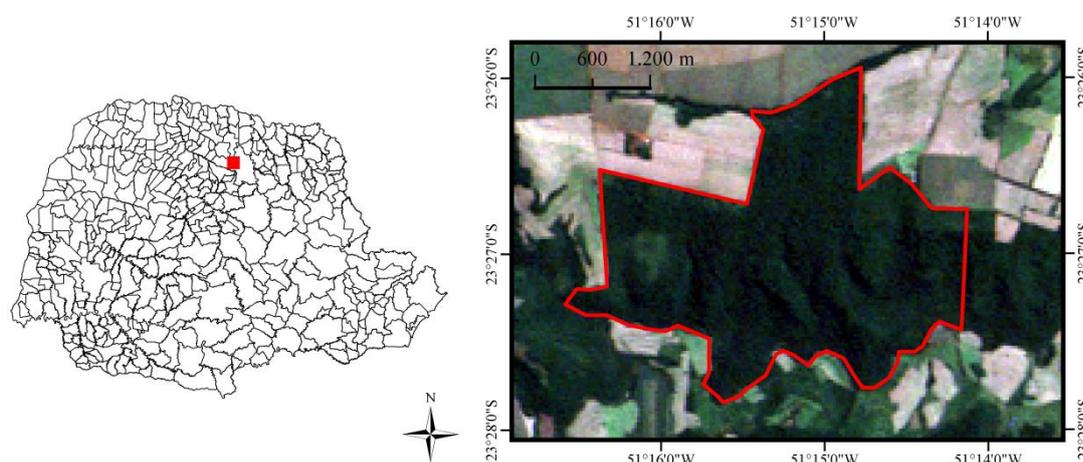


Figura 1: Mapa de localização do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. A: contexto estadual. B: Área de interesse delimitada pela linha vermelha.

A escolha deste local de estudo se deve a alguns fatores: 1) a proximidade de uma localidade urbana, portanto facilitando o deslocamento, necessário para a execução deste trabalho. 2) Ampla gama de estudos já realizados no local, ainda que poucos com foco dendroecológico, portanto uma área já estabelecida para estudos científicos. 3) Baixíssima interferência antrópica observada *in situ*, haja vista a presença de indivíduos arbóreos de grande porte. 4) A heterogeneidade natural do hábitat (Soares-Silva & Barroso, 1992; Silveira, 1993; Soares-Silva *et al* 1998; Bianchini *et al* 2003).

As espécies selecionadas foram escolhidas de acordo com a alta abundância relativa, a saber: *Actinostemon concolor* (Spreng.) Müll. Arg (Euphorbiaceae); *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichl.) Eichl (Sapotaceae), *Lonchocarpus muehlbergianus* Hass. (Fabaceae), *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. (Lauraceae) e *Trichilia clausenii* C.DC. (Meliaceae).

O procedimento metodológico para execução deste trabalho seguirá as seguintes etapas: (1) seleção dos locais de amostragem, (2) Seleção dos indivíduos, (3) identificação do período de atividade do câmbio vascular, (4) elaboração das curvas de crescimento e cronologias e (5) correlação entre as curvas de crescimento com as variáveis ambientais e biológicas.

1-Seleção dos locais de amostragem: o parque possui naturalmente três áreas com composição florística e estruturalmente diferenciadas, sendo uma área plana e alta (Soares-Silva & Barroso, 1992), uma área de topossequência (Silveira, 1993) e uma área plana e baixa, suscetível ao alagamento (Bianchini *et al.*, 2003). Em cada área será escolhida a trilha com a maior quantidade de indivíduos possível, e eventualmente outras trilhas para complementação do número mínimo por espécie.

2- Seleção dos indivíduos: serão selecionados, no mínimo, 10 indivíduos de cada espécie em cada área de acordo com a abundância e adotando os seguintes critérios:

2.1-Ausência de deformidades aparentes: excentricidade, árvores ocas, árvores com copa quebrada.

2.2- Indivíduos pertencentes a várias classes diamétricas, com DAP (diâmetro na altura do peito) acima de 10 centímetros.

3- Identificação do período de atividade cambial: O câmbio vascular é o tecido meristemático responsável pela produção de novas células de xilema e floema secundários, dessa forma, causando o aumento em diâmetro nos caules com crescimento secundário (Evert, 2013). A formação do anel anual de crescimento é resultado de um período de atividade e inatividade cambial (Evert, 2013), e com a identificação destas fases será possível provar que os anéis de crescimento são anuais ou não e quais características celulares (figura 2) poderão ser utilizadas

para a delimitação precisa. A execução desta fase compreenderá o acompanhamento mensal, durante três anos, das seguintes variáveis:

3.1- Fases fenológicas: registrar-se-á a presença/ausência de flores e frutos, a produção de folhas novas, a queda foliar, assim como a porcentagem aproximada de cobertura da copa. Faz-se necessário esta observação, pois o status fenológico está intimamente relacionado com a atividade cambial (Schöngart *et al.*, 2002; Lisi *et al.*, 2008).

3.2- Registro da variação diamétrica de cintas dendrométricas instaladas nos mesmos indivíduos selecionados para o acompanhamento fenológico, identificando assim os períodos ativos e inativos do câmbio vascular. Dessa forma, será identificado precisamente quando e por quanto tempo ocorre o incremento diamétrico e qual a influência do status fenológico nesse crescimento.

Com as informações provenientes da anatomia macroscópica da madeira será possível a identificação correta dos marcadores anatômicos que definem o anel de crescimento em espécies tropicais, (Worbes, 1989). O tipo 1 (figura 2A) é definido como aumento da densidade no sentido lenho inicial - lenho tardio; o tipo 2 (figura 2B) é definido pela presença de parênquima marginal; o tipo 3 (figura 2C) é representado pela alternância de faixas de fibras e faixas de parênquima e o tipo 4 (figura 2D) é representado pela redução no diâmetro e quantidade dos elementos de vaso no sentido lenho inicial - lenho tardio.

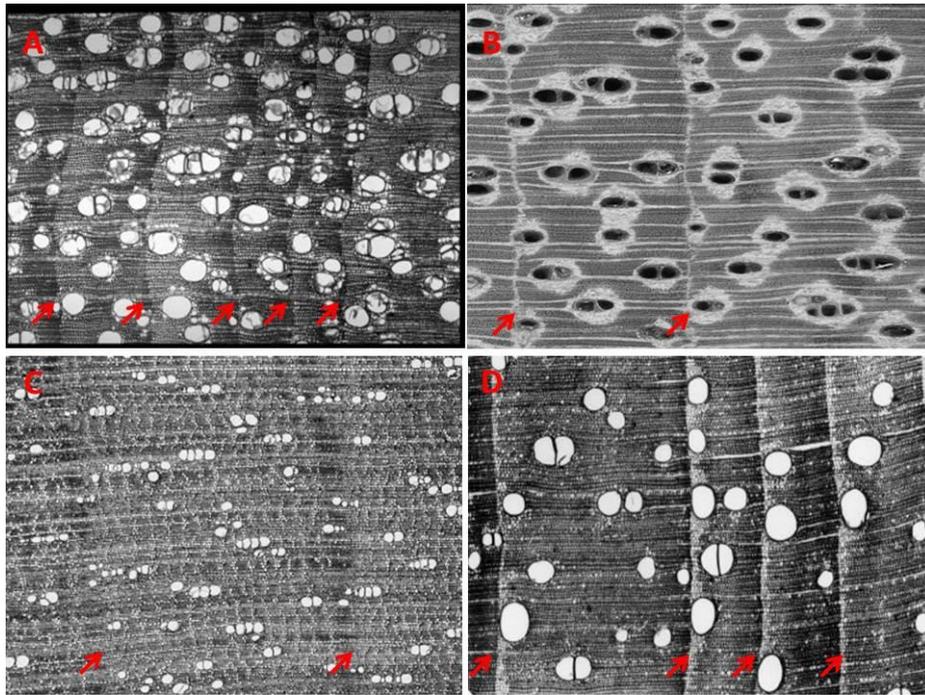


Figura 2: Padrões anatômicos do lenho em espécies tropicais. As setas delimitam anéis de crescimento. A: *Phoebe porosa* (Lauraceae); B: *Albizia niopoides* (Fabaceae); C: *Aningeria* sp. (Sapotaceae); D: *Cedrela odorata* (Meliaceae). A, C e D disponíveis em <http://insidewood.lib.ncsu.edu>. B: arquivo do autor.

4- Elaboração das curvas de crescimento e cronologias.

Serão obtidas três amostras de xilema secundário por indivíduo, com broca de incremento, na altura de 1,30 m. Posteriormente as amostras serão coladas em suporte de madeira e polidas para a visualização dos anéis de crescimento

As três amostras de cada indivíduo serão interdatadas visualmente, para verificar a consistência e precisão da marcação dos anéis de crescimento e para verificar a ocorrência de falsos anéis e anéis faltantes (Fritts, 1976; Speer, 2010). De posse dos valores de medidas para cada amostra, será realizada uma interdatação com a utilização do aplicativo COFECHA, presente no software *Dendrochronology Program Library* versão 6.0, com o objetivo de assegurar a correta delimitação dos anéis de crescimento (Pilcher, 1990; Speer, 2010).

Para composição de uma única série para cada indivíduo, será feito a média aritmética dos três valores de um dado anel. Posteriormente, será realizado o cross-dating, com a utilização do aplicativo COFECHA, entre os indivíduos de cada espécie, com o objetivo da composição de uma cronologia mestre (Pilcher, 1990; Speer, 2010).

Para a construção das trajetórias de crescimento, os valores das larguras dos anéis serão computados em tabelas do aplicativo *Excel*, presente no programa Microsoft Office 2010. Essa etapa visa a elaboração das curvas cumulativas de crescimento individuais, assim como para a verificação de períodos de supressão ou liberação do crescimento (Nowacki & Abrams, 1997), objetivando compreender como os indivíduos alcançam o dossel em florestas tropicais (Brienen & Zuidema, 2006; Brienen *et al.*, 2010).

5- Correlação entre as curvas de crescimento e as variáveis ambientais.

Os fatores ambientais que modulam o incremento diamétrico de indivíduos arbóreos e que serão abordados neste estudo são: temperatura, precipitação, insolação e variações da temperatura superficial oceânica (SST's: Sea Surface Temperature).

Nesta etapa, as cronologias serão correlacionadas com as variáveis ambientais supracitadas, independentemente e em conjunto, com a utilização do software *Statistica* versão 10, com o objeto de verificar qual ou quais variáveis ambientais modulam o crescimento diamétrico dos indivíduos nesta área de estudo. Será abordada a análise de séries temporais, já que as observação (anéis de crescimento) não são independentes (Ehlers, 2009).

Neste trabalho, serão utilizadas as séries de dados meteorológicos da estação de Londrina e se necessário, as séries de dados de Ibiporã, ambas operadas pelo IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná), da seguinte forma:

5.1- Precipitação e temperatura: média, máxima, mínima, mensais e anual, do período de crescimento corrente e anterior.

5.2- Insolação: média, máxima, mínima, mensais e anual, do período de crescimento corrente e anterior. A influência desta variável é pouco estudada, talvez devido à dificuldade de quantificação ou a ausência de dados. Porém, neste trabalho ela será abordada como se segue: temporalmente a irradiância solar varia em função do ângulo horário diário e ao longo do ano em função da declinação solar. Espacialmente a irradiância varia latitudinalmente em grandes distâncias. Levando em conta uma área de pequenas dimensões, essas três variações podem ser consideradas constantes para o cálculo da irradiância em pontos próximos, sendo o caso deste estudo.

No entanto, um fator que pode alterar significativamente a irradiância incidente em duas superfícies situadas em locais próximos é o aspecto do relevo. O relevo influencia a irradiância incidente em um ponto de duas formas: em função da declividade do terreno e em função de sua posição em relação ao relevo circundante. No primeiro caso, o aumento da declividade faz com que uma mesma quantidade de energia seja distribuída em uma área maior, diminuindo a irradiância pelo fator cosseno (Valeriano, 2011). No segundo caso, o relevo circundante pode causar sombreamento, novamente causando a diminuição da irradiância.

Neste trabalho será calculada a quantidade de irradiância que incide sobre os indivíduos que serão selecionados, já que variações na taxa de insolação podem influenciar as taxas de crescimento vegetativo (Fritts, 1976). Isso será feito com a adoção de um modelo digital de elevação (MDE) e um algoritmo para o cálculo da irradiância a partir do primeiro. Embora haja MDEs gratuitamente disponíveis on-line como os dados disponibilizados pelo projeto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e pelo projeto TOPODATA, neste trabalho será elaborado um MDE a partir de uma carta topográfica. Enquanto que os MDEs possuem 90 e 30 metros de resolução espacial (SRTM e TOPODATA, respectivamente), sendo utilizados para mapeamentos em escala de 1:100.000 (principalmente os dados interpolados do TOPODATA), a carta disponível possui escala de 1:15.000, permitindo a elaboração de um MDE mais preciso e conseqüentemente as estimativas da irradiância nos pontos de interesse.

A carta que será utilizada data de 2002 e possui equidistância das curvas de nível de 5 m. Para construção do MDE, a carta topográfica será digitalizada e processada em um ambiente computacional denominado SIG (Sistema de Informação Geográfica). O arquivo raster será georreferenciado a partir das coordenadas da carta e as curvas de nível serão digitalizadas. Finalmente, os arquivos em formato vetorial das curvas altimétricas serão interpolados para geração do arquivo raster, o qual permite a caracterização do relevo de forma contínua. A partir do MDE e das coordenadas geográficas dos pontos de interesse (indivíduos), o cálculo da irradiância será feito por meio do aplicativo *Points Solar Radiation*, presente no software ArcGis 9.3. O resultado da aplicação desse método é a irradiância incidente para cada ponto, ponderada pelos efeitos do relevo.

O método descrito para o cálculo da irradiância fornece valores considerando uma atmosfera livre de nuvens, o que deve ser corrigido para evitar a superestimação da irradiância e para levar em conta a variabilidade interanual da cobertura de nuvens. Essa correção será feita a partir do uso da série de dados de insolação (em horas de sol por dia) da estação climatológica do IAPAR.

5.3- SST'S: Variações nas temperaturas superficiais oceânicas influenciam os padrões de precipitação e temperatura em áreas continentais, sendo a ação do El-Nino/Southern Oscillation (ENSO) mais relevante fenômeno atmosférico-oceânico causador de variabilidade interanual, no contexto global (Rasmusson & Carpenter, 1982).

As variações de temperaturas superficiais oceânicas influenciam diretamente os padrões de precipitação, assim, modulando indiretamente o crescimento arbóreo. Em vários trabalhos conclui-se que existem correlações positivas ou negativas entre essas variações de temperaturas oceânicas e o crescimento arbóreo (Schöngart *et al.*, 2004; Therrel *et al.*, 2006).

Neste trabalho serão utilizados os valores mensais e anuais correntes e do ano anterior dos seguintes SST's: Pacific Decadal Oscillation (PDO) (Trenberth & Hurrell, 1994), disponível em: <http://jisao.washington.edu/pdo/>; Southern Oscillation Index (SOI), Northern Tropical

Atlantic (NTA), Southern Tropical Atlantic (STA) e El-Nino/Southern Oscillation (ENSO)

disponíveis em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/> .

CRONOGRAMA

Atividade\trimestre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Escolha dos indivíduos	X											
Instalação de dendrômetros	X											
Acompanhamento e manutenção dos dendrômetros	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Acompanhamento fenológico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Coleta de amostras de xilema					X	X	X	X	X	X		
Preparação de lâminas e amostras					X	X	X	X	X	X		
Aquisição de dados cartográficos e meteorológicos	X	X								X		
Análise de dados					X	X	X	X	X	X	X	
Revisão de literatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Redação de artigos científicos										X	X	X
Redação da Tese										X	X	X

ORÇAMENTO

Materiais de consumo		Quantidade	Valor unitário	Valor total
Cola branca	Pote de 1 kg	3	R\$ 15.20	R\$ 45.60
Lixas (diversas granulações)	Folhas	100	R\$ 1.00	R\$ 100.00
Equipamentos				
Broca de incremento**	unidade			R\$ 800.00
Esteromicroscópio**	unidade			R\$ 10.000.00
GPS**	unidade			R\$ 1.800.00
			Total	R\$ 12.745.60

**Equipamentos presentes no Laboratório de Ecologia da Universidade Estadual de Londrina.

BIBLIOGRAFIA

AUGSPUGER, C.K. 1984. Light requirements of neotropical tree seedlings: a comparative study of growth and survival. *Journal of Ecology* 72: 777-795.

BARBOUR, M.G.; BURK, J.H.; PITTS, W.D.; GILLIAN, F.S.; SCHWARTZ, M.W. 1998. *Terrestrial plant ecology*. 3ª ed. Menlo Park: The Benjamin Cummings

BARRY, R. G.; CHORLEY, R.J. 2010. *Atmosphere, weather and climate*. 9ª ed. London: Routledge.

BELSKY, A. J.; CANHAM, C.D. 1994. Forest gaps and isolated savanna trees. *BioScience* 44(2): 77-84.

BIANCHINI, E.; POPOLO, R.S.; DIAS, M.C.; PIMENTA, J.A. 2003. Diversidade e estrutura de espécies arbóreas em área alagável do município de Londrina, sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 17(3): 405-419.

BORCHERT, R. 1998. Responses of tropical trees to rainfall seasonality and its long term changes. *Climatic Change* 39: 381-393.

BRIENEM, R.J.W.; ZUIDEMA, P. 2006. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. *Journal of Ecology* 94: 481-493.

BRIENEN, R.J.W.; ZUIDEMA, P.A.; 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.; LE B R I J A - T R E J O, E.; ZUIDEMA, P.A.; MARTINEZ-RAMOS, M. 2010. Climate-growth analysis for a Mexican dry forest tree shows strong impact of sea surface temperatures and predicts future growth declines. *Global Change Biology* 16: 2001-2012.

BRIENEN, R.J.W.; GLOOR, E.; 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.

CANHAM, C.D. 1988. Growth and canopy architecture of shade-tolerant trees: response to canopy gaps. *Ecology* 69 (3): 786-795.

CLARK, D.A.; CLARK, D.B. 1992. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. *Ecological Monographs* 62 (3): 315-344.

EHLERS, R. S. Análise de séries temporais. São Carlos: USP-ICMC.

EVERT, R.F. 2013. Anatomia das plantas de Esau. São Paulo: Blucher.

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

KING, D.A.; DAVES, S.J.; NUR SUPARDI, M.N.; TAN, S. 2005. Tree growth is related to light interception and wood density in two mixed dipterocarp forests of Malaysia. *Functional Ecology* 19: 445-453.

KOBE, R. K. 1999. Light gradient partitioning among tropical tree species through differential seedling mortality and growth. *Ecology* 80(1): 187-201.

KOZLOWSKI, T.T. 2002. Physiological-ecological impacts of flooding on riparian forest ecosystems. *Wetlands* 22: 550-561.

LISI, C.S.; TOMAZELLO, M.F.; BOTOSSO, P.C.; ROIG, F.A.; MARIA, V.R.B.; FERREIRA-FEDELE, L.; 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.

LORIMER, C.G. 1983 Tests of age-independent competition indices for individual trees in natural hardwood stands. *Forest Ecology and Management* 6: 343–360.

McCARTHY, J. 2001. Gap dynamics of forest trees: A review with particular attention to boreal forests. *Environmental Reviews* 9(1): 1-59.

NOWACKI, G.I.; ABRAMS, M.D. 1997. Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from pre-settlement origin oaks. *Ecological Monographs* 67 (2): 225-249.

PACADA, S.W.; CANHAM, C.D.; SAPONARA, J.; SILANDER, J.A.; KOBE, R.K.; RIBBENS, E. 1996. Forest models defined by field measurements: estimation, error analysis and dynamics. *Ecological Monographs* 66: 1-43.

PAGÈS, J.; PACHE, G.; JOUD, D.; MAGNAN, N.; MICHALET, R. 2003. Direct and indirect effects of shade on four forest tree seedlings in the French Alps. *Ecology* 84 (10): 2741-2750.

PILCHER, J.R. 1990. Sample preparation, cross-dating, and measurement. In: COOK, E.R.; KAIRIUKSTIS, L.A. (ed). *Methods of Dendrochronology, Applications in the Environmental Sciences*. Kluwer: Dordrecht.

POORTER, L. 1999. Growth response of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. *Functional Ecology* 13: 396-410.

RASMUSSEN, E.M; CARPENTER, T.H. 1982. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Monthly Weather Review* 110: 354-384.

SAPIJANSKAS, J.; PAQUETTE, A.; CATHERINE POTVIN, C.; KUNERT, N.; LOREAU, M. 2014. Tropical tree diversity enhances light capture through crown plasticity and spatial and temporal niche differences. *Ecology* 95: 2479-2492.

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

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

SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M.T.F.; WITTMANN, F.; JUNK, W.J.; 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.

SILVEIRA, M. 1993. Estrutura vegetal em uma topossequência no Parque Estadual "Mata dos Godoy", Londrina-Pr. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. 142 p.

SOARES-SILVA, L.H.; BARROSO, G.M. 1992. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta na porção norte do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina-PR, Brasil. *Anais do 8º Congresso da SBSP*: 101-112.

SOARES-SILVA, L.H.; KITA, K.K.; SILVA, F.C. 1998. Fitossociologia de um trecho de floresta de galeria no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer 3: 46-62.

STOKES, M.A.; SMILEY, T.L. 1996. An introduction to tree-ring dating. Tucson: The University of Arizona Press.

SPEER, J.H. 2010. Fundamentals of tree-ring research. Tucson: The University of Arizona Press.

TOREZAN, J. M. D. 2006. Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy. Londrina: Itedes.

TRENBERTH, K.E.; HURRELL, J.W. 1994. Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific. *Climate Dynamics* 9 (6): 303-319.

VALERIANO, M. M. 2011. Cálculo do fator topográfico de iluminação solar para modelagem ecofisiológica a partir do processamento de Modelos Digitais de Elevação (MDE). Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil.

THERRELL, M.D.; STAHL, D.W., RIES, L.P., SHUGART, H.H. 2006. Tree-ring reconstructed rainfall variability in Zimbabwe. *Climate Dynamics* 26: 677-685.

WORBES, M. 1989. Growth rings, increment and age of trees in inundation forest, savannas and a mountain forest in the neotropics.. *IAWA Bulletin* 10 (2): 109-122.