

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EDUARDO ANTONIO SCHEMBERG

**ATIVIDADE CAMBIAL EM *Pterocarpus violaceus* Vogel
(FABACEAE)**

CURITIBA

2012

EDUARDO ANTONIO SCHEMBERG

ATIVIDADE CAMBIAL EM *Pterocarpus violaceus* Vogel (FABACEAE)

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Botânica, no Curso de Pós-Graduação em Botânica, área de concentração Anatomia e Ecologia Vegetal, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a Dra Patrícia Soffiatti

Co-orientador: Dr Robson Capretz

CURITIBA

2012

Universidade Federal do Paraná
Sistema de Bibliotecas

Schemberg, Eduardo Antonio

Atividade cambial em *Pterocarpus violaceus* Vogel (FABACEAE) / Eduardo Antonio Schemberg. – Curitiba, 2012.

39 f.: il. color. ; 30cm.

Orientador: Patrícia Soffiatti

Co-orientador: Robson Capretz

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Botânica.

1. Árvores - fisiologia 2. Leguminosa - Paraná 3. Pterocarpus violaceus I. Título II. Soffiatti, Patrícia III. Capretz, Robson IV. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Botânica

CDD (20. ed.) 583.322

Deus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida abundante e plena que tem me proporcionado.

À Professora Dra Patrícia Soffiatti, por ter me acolhido como orientado e depositado sua confiança em minhas ações, me ensinando com paciência, competência e sabedoria a trilhar o caminho certo durante estes dois anos. Também pelo exemplo de pessoa, justa e amiga que sempre guardarei em minha lembrança.

Ao Dr Robson Capretz, pela viabilização do desenvolvimento dos trabalhos de campo, pelos bons conselhos, amizade e competência.

Aos professores da pós-graduação, especialmente à professora Dra Maria Regina Torres Boerger, excelente pessoa e profissional, sempre prestativa e atenciosa. Também ao professor Dr Paulo Botosso, sempre atencioso e prestativo, que também contribuiu para a realização deste trabalho.

À minha mãe, exemplo de vida e conduta sempre presente em minha vida.

À minha futura esposa Luana pelo amor e cumplicidade e por ter mudado a minha vida para sempre.

Aos amigos Estevão Coradin, Olimpio Coradin Fernandes, Rafael Tanus Araujo dos Santos, Vinícius Scorsin, Jessé Francheski, Guido Coradin, Antonio Carlos Coradin e Renann Vieira, pelos momentos de alegria e descontração.

Aos amigos e eternos professores Antonio Dunaiski Junior e Wanderlei do Amaral, que desde cedo me ajudaram na construção de minha vida profissional, sempre com alegria e simplicidade.

Ao Biólogo Nilson, técnico do laboratório de Botânica estrutural, pelo auxílio nas atividades no laboratório e pela amizade.

Aos colegas de pós-graduação, em especial ao Fernando pela parceria nas coletas e pela nova amizade, construída ao longo de muitas caminhadas.

À Universidade Federal do Paraná, por ter sido a minha segunda casa durante estes dois anos.

À Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem (SPVS) por ter permitido o desenvolvimento das atividades de campo em suas dependências.

À Agência Capes pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

A inter-relação entre os fatores climáticos, a fenologia e a periodicidade da atividade cambial foi analisada em *Pterocarpus violaceus*, crescendo em uma área de Floresta Ombrófila Densa no estado do Paraná, Brasil. Amostras do tronco, de cinco indivíduos, na região do DAP foram coletadas mensalmente entre 2010 e 2012. O incremento foi mensurado por dendrômetros e a fenologia acompanhada durante o mesmo período. O câmbio apresenta o período de atividade de setembro a fevereiro e de dormência de junho a agosto. O período ativo coincide com a estação quente e chuvosa, quando a folhagem se renova e os dendrômetros marcam as maiores taxas de incremento. A dormência coincide com a estação fria e com a menor pluviosidade, quando as árvores perdem suas folhas e os dendrômetros marcam as menores taxas de incremento. Os anéis de crescimento são marcados por faixas estreitas de parênquima axial e por um aumento gradual do espessamento da parede das fibras. A temperatura e a precipitação desempenham um papel crucial na reativação e dormência cambial já que a região estudada historicamente apresenta sazonalidade climática bem demarcada.

Palavras Chave: Câmbio vascular. Madeira. Marcadores de crescimento. Sazonalidade.

ABSTRACT

The interrelationship between climatic factors, phenology and periodicity of cambial activity was analyzed in *P. violaceus* growing in an area of South Atlantic Forest in South Brazil. Trunk samples were collected monthly, at BHD, from five individuals from 2010 and 2012. The radial increment was measured with dendrometers and the phenology was reported for the same period. The cambium showed one active and one dormant period during the year. The active period coincides with the rainy and hot season, when the trees produced new leaves and the dendrometer bands mark the highest radial increment rates. The cambial dormancy coincides with the cold and less humid season, when the trees lose their leaves and the dendrometer bands mark the lowest radial increment rates. The growth rings are marked by narrow parenchyma bands and fibers with thicker walls. The temperature and precipitation play an essential role in the reactivation and stop of cambial activity as the study area historically shows a well marked climatic seasonality.

Key Words: Vascular cambium. Wood. Growth-markers. Seasonality.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Localização da área de estudo, Reserva Natural do Rio Cachoeira (RNRC-SPVS), Antonina, PR.....	15
FIGURA 2 - Médias de temperatura e precipitação mensal (período de 1970 a 1996) para o município de Antonina – PR.....	16
FIGURA 3 - Indivíduo 11225 de <i>Pterocarpus violaceus</i> , com placa de identificação e cinta dendrométrica.	17
FIGURA 4 – Anatomia do xilema secundário de <i>Pterocarpus violaceus</i>	20
FIGURA 5 - Temperaturas médias (°c) e precipitação (mm) do município de Antonina – PR, entre janeiro de 2010 e janeiro de 2012.....	22
FIGURA 6 - Soma do incremento médio dos espécimes de <i>Pterocarpus violaceus</i> no período de janeiro de 2010 a janeiro de 2012.....	23
FIGURA 7 - Término e parada da atividade cambial.....	24
FIGURA 8 - Reativação e Atividade cambial.....	26

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Valores de altura e circunferência na altura do peito (DAP) dos indivíduos de *Pterocarpus violaceus* marcados e amostrados para o estudo.18

TABELA 02 - Características anatômicas da zona cambial (zc) de *Pterocarpus violaceus* observadas durante o período de julho de 2010 a janeiro de 2012.27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2. 1. ÁREA DE ESTUDO.....	15
2. 2. COLETAS, ACOMPANHAMENTO FENOLÓGICO E CINTAS DENDROMÉTRICAS.....	16
2. 3. ESTUDO DA SAZONALIDADE DA ATIVIDADE CAMBIAL E DA FORMAÇÃO DO XILEMA SECUNDÁRIO.....	18
3. RESULTADOS.....	20
3. 1. ANATOMIA DO XILEMA SECUNDÁRIO DE <i>P. violaceus</i>	20
3. 2. FENOLOGIA E CLIMA.....	21
3. 3. INCREMENTO RADIAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	22
3. 4. ATIVIDADE CAMBIAL DE <i>P. violaceus</i>	23
4. DISCUSSÃO.....	29
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

Estudos sobre a periodicidade do crescimento tem demonstrado que o câmbio vascular apresenta uma atividade sazonal, a qual é influenciada por diversos fatores ambientais, tanto em espécies temperadas quanto tropicais (LU & CHIANG, 1975; WARDLE, 1978; DAVE & RAO, 1982; LIPHSCHITZ & LEV-YADUN, 1986; AJMAL & IQBAL, 1987; SIDDIQUI, 1991; BORCHERT, 1999; CALLADO *et al.*, 2004; MARCATI *et al.*, 2006; VENUGOPAL & LIANGKUWANG, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2009; BEGUN *et al.*, 2010).

Os dados gerados em estudos sobre a atividade cambial podem ser utilizados em diversos campos da dendrologia, podendo revelar espécies com potencial para estudos sobre taxas de crescimento radial, bem como para se inferir condições climáticas e ecológicas regionais (LISI *et al.*, 2008). Estes trabalhos podem confirmar a formação de anéis de crescimento anuais gerando subsídios para estudos sobre dendrocronologia (OLIVEIRA *et al.*, 2009), contribuindo para a compreensão da dinâmica florestal (CUFAR & PRISLAN, 2008), podendo ainda ser utilizados para se avaliar a produtividade florestal bem como para os ambientes atuais e do passado através da análise dos anéis de crescimento (VENUGOPAL & LIANGKUWANG, 2007).

A atividade cambial pode ser demonstrada por vários indicadores diretos ou indiretos. A fenologia geralmente é utilizada como um indicador básico da atividade cambial, pois esta é muito sensível às mudanças de disponibilidade hídrica que afetam a periodicidade do crescimento (CARVALHO, 2009; RAJPUT *et al.*, 2008; SASS-KLAASSEN *et al.*, 2011). Já as cintas dendrométricas podem fornecer informações gerais a respeito do incremento em diâmetro do tronco, tendo em vista que este é o resultado do aumento da matéria seca proveniente da atividade cambial combinado com as flutuações sazonais promovidas pelas mudanças na quantidade de água nos tecidos do tronco (LARCHER, 2000).

Diversas características anatômicas demonstram períodos de atividade ou dormência, tanto em espécies de clima temperado quanto tropical. Dentre estas, como indicadores de períodos de dormência ou menor atividade, pode-

se destacar a presença de zona cambial composta por uma estreita fileira de células (CUFAR & PRISLAN, 2008); a ocorrência de paredes celulares espessas e regulares das células da zona cambial em secção transversal CHEN *et al.* (2010); o aspecto irregular das paredes tangenciais das iniciais fusiformes, assemelhando-se a um “colar de contas”, em secção tangencial (VENUGOPAL & LIANGKUWANG, 2007); a segmentação transversal das iniciais fusiformes em secção tangencial (AJMAL & IQBAL, 1987); a presença de elementos de vasos de diâmetro muito reduzido, completamente diferenciados nas proximidades da zona cambial, e faixa de parênquima axial marginal, denominado, nestas circunstâncias, de parênquima terminal (MARCATI *et al.*, 2006), dentre outras.

No que diz respeito aos períodos de maior atividade cambial são reportadas a presença de elementos de vasos em processo de diferenciação próximos à zona cambial, sendo esta caracterizada por células inchadas e com paredes celulares finas e irregulares (SIDDIQI, 1991); a formação de novas paredes (MARCATI *et al.*, 2006) e um maior número de camadas de células na zona cambial (FARRAR & EVERT, 1997; RAJPUT *et al.*, 2008). Também se pode observar a presença de fibras, parênquima axial e raios em processo de diferenciação muito próximos da zona cambial (RAO & RAJPUT, 2001; MARCATI *et al.*, 2006; VENUGOPAL & LIANGKUWANG, 2007), dentre outras características.

De acordo com AJMAL e IQBAL (1987), os primeiros estudos sobre atividade cambial foram realizados com espécies de climas temperados, regiões estas com clima sazonal e estações bem definidas. Tais trabalhos demonstraram o comportamento sazonal, com períodos alternados de atividade e dormência cambial, os quais levam a formação de anéis de crescimento (LU; CHIANG, 1975; LIPHSCHITZ *et al.*, 1984; LIPHSCHITZ *et al.* 1985; FARRAR; EVERT, 1997; AKKEMIK *et al.*, 2006, LUIS *et al.*, 2007.)

A relação da atividade cambial com as variações climáticas tem sido reportada para diversos ambientes. Em geral, os estudos realizados nas regiões de clima temperado demonstram que os períodos de maior atividade do câmbio vascular coincidem com as estações quentes e com chuvas regulares (primavera e verão), sendo relatados períodos de dormência em estações frias (inverno) e com pouca precipitação (LU; CHIANG, 1975;

LIPHSCHITZ *et al.*, 1984; LIPHSCHITZ & LEV-YADUM, 1986; CORCUERA *et al.*, 2004; SCHMITT *et al.*, 2004; ROSSI *et al.*, 2006).

Estudos com o mesmo enfoque, porém realizados com espécies de ambientes tropicais, confirmam a sazonalidade da atividade cambial de espécies tropicais (WARDLE, 1978; DAVE & RAO, 1982; AJMAL & IQBAL, 1987; WORBES, 1995; BORCHERT, 1999; RAO & RAJPUT, 2001; CALLADO *et al.*, 2004; FERREIRA- FEDELE *et al.*, 2004; VENUGOPAL & LIANGKUWANG, 2007; LISI *et al.*, 2008; RAJPUT *et al.*, 2008; BRÄUNING *et al.*, 2010).

WORBES (1995) observou que a dormência cambial e os anéis de crescimento são induzidos em árvores tropicais pela ocorrência anual de períodos de seca ou alagamento, em espécies amazônicas, estando também correlacionada à queda das folhas e com períodos de alongamento dos ramos. Diversas investigações com espécies arbóreas tropicais comprovam que os fatores ambientais, principalmente a sazonalidade das chuvas e temperaturas médias, e ecológicos, com destaque para a fenologia, possuem grande importância na regulação da atividade cambial bem como nas modificações anatômicas do câmbio vascular (DAVE & RAO, 1982; AJMAL & IQBAL, 1987; KILLMANN & THONG, 1995; BORCHERT, 1999; RAO & RAJPUT, 2001; FERREIRA-FEDELE *et al.*, 2004; MARCATI, *et al.*, 2006; VENUGOPAL & LIANGKUWANG, 2007; LISI *et al.*, 2008; BRÄUNING *et al.*, 2010).

Alguns estudos sobre a atividade cambial e a periodicidade do crescimento, realizados com espécies brasileiras podem ser mencionados. VETTER E BOTOSSO (1988) observaram periodicidade cíclica de crescimento em *Scleronema micranthum*, da região amazônica, por meio de medições de incremento feitas com cintas dendrométricas, sendo que os períodos considerados favoráveis ao crescimento foram relacionados às épocas de maior pluviosidade na localidade. Resultados semelhantes também foram obtidos por BAUCH E DÜNISCH (2000), em árvores de *Carapa guianensis* da Amazônia central, entre outros autores (MENEZES *et al.*, 2003; FERREIRA-FEDELE *et al.*, 2004; CALLADO *et al.*, 2004; LISI *et al.*, 2008; CARVALHO, 2009).

LUCHI (1998), utilizando marcações cambiais para observação macroscópica dos anéis de crescimento em espécies da mata atlântica,

observou uma periodicidade de crescimento influenciada pelo período seco em *Hymenaea courbaril*, comprovando a formação de anéis de crescimento anuais.

MARCATI *et al.* (2006) através de estudos anatômicos do câmbio vascular e observação da fenologia reportaram que, em árvores de *Cedrella fissilis*, espécie típica da mata atlântica, que o câmbio vascular apresenta período ativo coincidente com a estação chuvosa e a presença das folhas, sendo a dormência relacionada ao período seco e de queda das folhas. Ainda para esta espécie foi constatado a periodicidade anual na formação dos anéis de crescimento, os quais são marcados por parênquima marginal. AMANO (2007) conduziu um estudo anatômico aprofundado da atividade cambial de *Caesalpinia echinata*, obteve resultados que confirmaram a correlação do clima com o crescimento da espécie.

Estudos sobre o câmbio das espécies do gênero *Pterocarpus* mostraram que a sua sazonalidade está relacionada aos eventos fenológicos da espécie. INGCACHAICHOT (1984), estudando o comportamento do câmbio vascular em *P. macrocarpus*, através de estudos anatômicos, relacionou a sazonalidade do câmbio à fenologia. Técnicas de dendrocronologia também mostraram a sazonalidade do crescimento neste gênero; STHALE *et al.* (1999), estudando *P. angolensis*, constataram através de análises dendrocronológicas, a formação de anéis de crescimento anuais demarcados por uma fina faixa de parênquima inicial e alterações sutis no diâmetro dos vasos. THERRELL *et al.* (2007), avaliando a dinâmica de crescimento de *P. angolensis* baseando-se na dendrocronologia, estabeleceram que a média anual de incremento em diâmetro é significativamente relacionada à média sazonal de precipitação.

Pterocarpus violaceus Vogel (FABACEAE), espécie característica da Floresta Ombrófila Densa, foi selecionada para este estudo pelo fato de apresentar potenciais marcadores de crescimento, delimitados por faixas de parênquima axial e fibras com paredes mais espessadas. O objetivo deste trabalho foi o estudo da dinâmica da atividade cambial nesta espécie, por meio de análises anatômicas, acompanhamento fenológico e marcações com cintas dendrométricas, buscando identificar os principais marcadores de crescimento no xilema secundário e qual a periodicidade da formação dos mesmos.

Segundo a classificação de Koeppen, o clima da região (FIGURA 2) é considerado do tipo Af, chuvoso tropical sempre úmido, com temperatura média de 21,1° C. A precipitação anual varia entre 2.500 e 3.000 mm, com período de maior pluviosidade nos meses de janeiro, fevereiro e março, sem apresentar estação seca definida. A ocorrência de geadas na região é pouco freqüente (IPARDES, 2000). Os dados climáticos utilizados neste estudo estão disponíveis nos sites da Embrapa Monitoramento por Satélite (CNPM, 2011) e do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico Nacional (Agritempo, 2011).

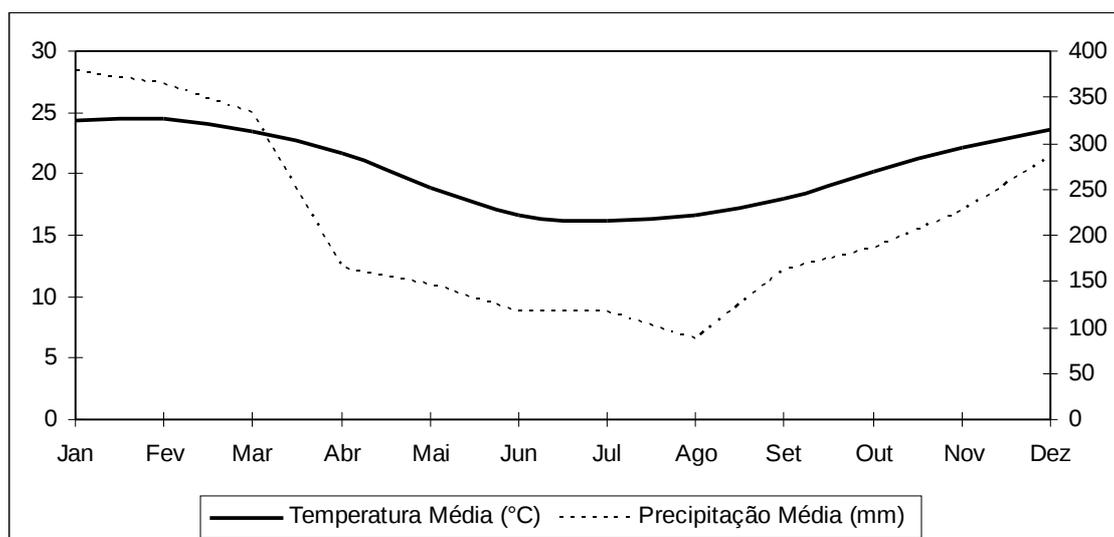


FIGURA 2 – MÉDIAS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO MENSAL (PERÍODO DE 1970 A 1996) PARA O MUNICÍPIO DE ANTONINA – PR. FONTE: Adaptado de CNPM (2011).

2. 2 COLETAS, ACOMPANHAMENTO FENOLÓGICO E CINTAS DENDROMÉTRICAS

Populações da espécie foram marcadas e identificadas na área dentro de parcelas mapeadas previamente por GPS (FIGURA 3). Os dados de fenologia e incremento radial estavam sendo coletados desde o início do ano de 2010 por pesquisadores da RNRC-SPVS, sendo este trabalho continuado pelo autor a partir de julho do mesmo ano. Ao todo 10 indivíduos adultos saudáveis e sem bifurcações no DAP (diâmetro a altura do peito) foram selecionados para as observações fenológicas e acompanhamento do

incremento radial através de cintas dendrométricas e cinco destes para a coleta de amostras (TABELA 1).



FIGURA 3 – INDIVÍDUO 11225 DE *PTEROCARPUS VIOLACEUS*, COM PLACA DE IDENTIFICAÇÃO E CINTA DENDROMÉTRICA.
FONTE: O autor (2012)

Mensalmente, amostras contendo floema secundário, câmbio e xilema secundário, com aproximadamente 2 cm³, foram coletadas de 5 dos 10 indivíduos, durante um período de um ano e seis meses, a partir de julho de 2010, no DAP (face Norte), com auxílio de Sonda de Pressler, em dois dos 5 indivíduos selecionados, alternadamente. As amostras foram fixadas em FAA₇₀ (BERLYN & MIKSCHE, 1976) e KARNOVSKI (1965). Com o auxílio de martelo, formão e serrote, amostras do xilema secundário (com aproximadamente 8 cm³) foram coletadas nos outros cinco indivíduos, para caracterização anatômica do xilema secundário da espécie. As amostras foram fixadas imediatamente após serem extraídas em FAA₇₀ (BERLYN & MIKSCHE, 1976).

INDIVÍDUO	ALTURA ESTIMADA (m)	DAP (cm)
11728	20	20,9

11910	12	14,8
11225	10	10,1
13191	25	34
12738	8	8,3
3397	10	10,1
4222	10	9,6
4227	12	11,4
3744	8	9,04
7658	22	41,4

TABELA 1 – VALORES DE ALTURA E CIRCUNFERÊNCIA NA ALTURA DO PEITO (DAP) DOS INDIVÍDUOS DE *PTEROCARPUS VIOLACEUS* MARCADOS E AMOSTRADOS PARA O ESTUDO.

FONTE: O autor (2012)

Os dados fenológicos (brotação, folhas maduras, queda das folhas, floração e frutificação), seguindo a metodologia de VENUGOPAL & LIANGKUWANG (2007), e de incremento radial, foram coletados mensalmente, concomitante às coletas, nos 10 indivíduos selecionados. Para o acompanhamento do incremento radial, cada indivíduo recebeu uma cinta dendrométrica metálica tencionada por mola, a qual foi instalada no DAP, sendo as mensurações realizadas com paquímetro digital.

2. 3 ESTUDO DA SAZONALIDADE CAMBIAL E DA FORMAÇÃO DO XILEMA SECUNDÁRIO

As amostras obtidas com a sonda de Pressler passaram por desidratação em série etílica e posterior emblocamento em Histo-resina (Leica®), seguindo as informações do fabricante. Secções transversais, tangenciais e radiais foram obtidas em micrótomo rotativo, contendo xilema secundário, câmbio vascular e floema secundário, com cerca de 5 µm de espessura, coradas com azul de toluidina 0,05% (O'BRIEN *et al.* 1964) e montadas entre lâmina e lamínula com Permout®.

Secções transversais, longitudinais tangenciais e radiais foram obtidas das amostras contendo apenas xilema secundário em micrótomo de deslize, sem nenhum processo prévio de emblocamento, apenas fervura em água e

glicerina para amolecimento. Estas secções foram desidratadas, coradas em safranina 50% e montadas em lâminas permanentes com Permout®.

Para a dissociação dos elementos celulares, foram retiradas lascas das amostras nos dois milímetros mais externos, dissociadas em uma solução de ácido crômico 10% e ácido nítrico 10% 1:1 (v/v) (JOHANSEN, 1940) e montadas em lâminas permanentes com Permout®.

As análises e descrições foram feitas em microscópio de luz, utilizando-se fotografias para registro e ilustração dos resultados. As descrições anatômicas do xilema secundário seguiram a terminologia recomendada pela Associação Internacional de Anatomistas de Madeira (IAWA COMMITTEE, 1989). As mensurações dos elementos celulares do xilema foram realizadas com o Software Image Pro-Plus® versão 4.5.0.29, onde foram mensurados o diâmetro, comprimento e frequência dos elementos de vaso, comprimento das fibras, comprimento, largura e frequência dos raios. Para todos os dados quantitativos, as médias e os respectivos desvios padrão foram calculados. Na descrição anatômica do xilema secundário seguem os valores mínimos, seguidos pela média e os valores máximos para cada parâmetro. Para a delimitação dos períodos secos e chuvosos respeitou-se o critério de WORBES (1995), que considera um período seco aquele que apresenta precipitação acumulada menor que 60 mm por mês, por dois meses consecutivos.

O estudo da sazonalidade cambial foi realizado através da contagem do número de células na zona cambial, presença de paredes sinuosas e delgadas das iniciais cambiais e elementos celulares em diferenciação próximos à zona cambial.

Para se estabelecer a influência dos fatores climáticos sobre o incremento radial utilizou-se a Correlação Linear de Pearson (ZAR, 2010). Tal análise foi conduzida com o software Past versão 2.10 (HAMMER *et al.*, 2011).

3 RESULTADOS

3.1 ANATOMIA DO XILEMA SECUNDÁRIO DE *P. violaceus*

Anéis de crescimento distintos, demarcados por zonas de maior espessamento das paredes das fibras e faixas de parênquima axial (FIGURA 4).

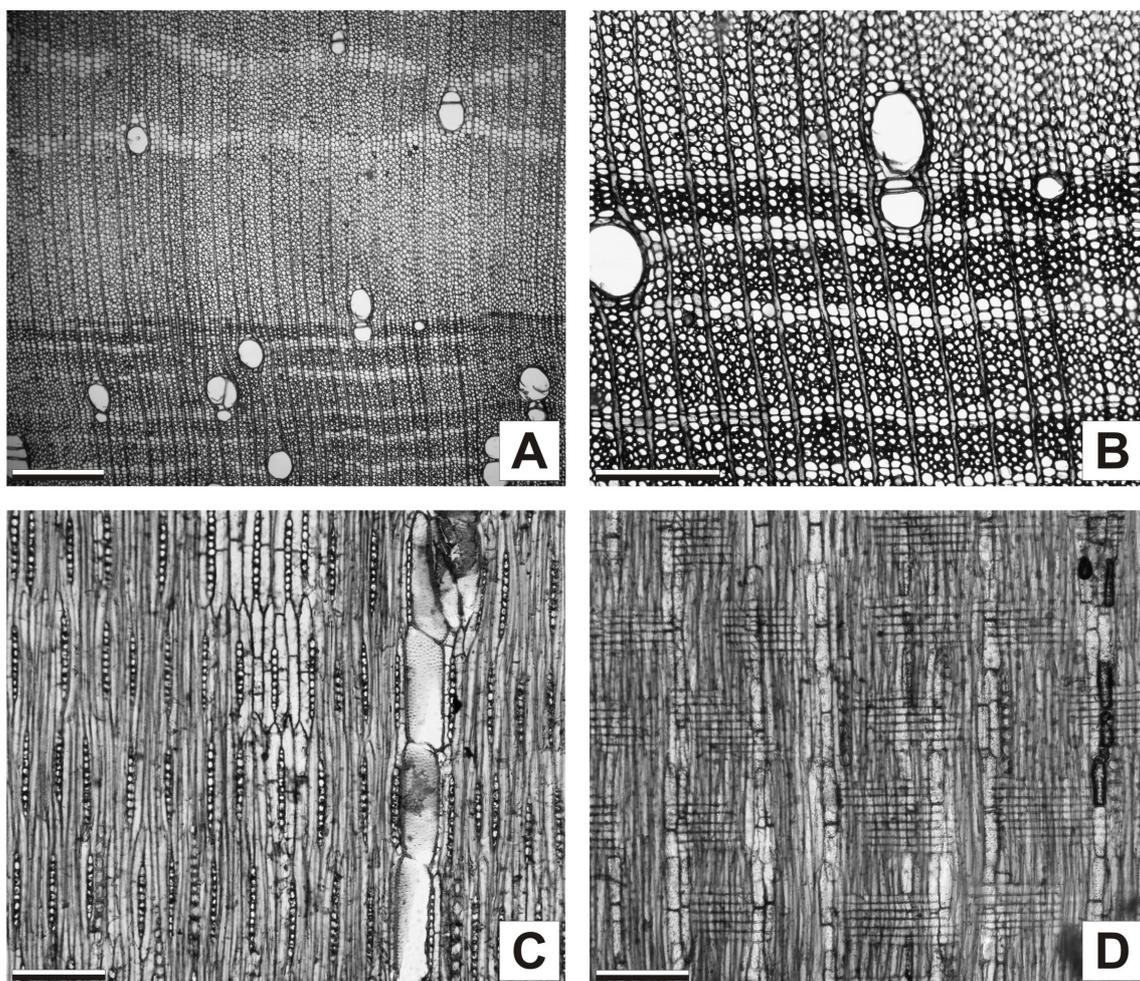


FIGURA 4 – ANATOMIA DO XILEMA SECUNDÁRIO DE *PTEROCARPUS VIOLACEUS*. SECÇÕES TRANSVERSAIS (A E B); A: VISTA GERAL. B: CAMADA DE CRESCIMENTO DEMARCADA POR FIBRAS COM PAREDES MAIS ESPESSAS, FAIXA DE PARÊNQUIMA AXIAL E VASO DE CALIBRE DIMINUTO. SECÇÕES LONGITUDINAIS EM PLANO TANGENCIAL (C) E RADIAL (D). C: ELEMENTOS DE VASO, SÉRIES DE PARÊNQUIMA AXIAL, FIBRAS E RAIOS ESTRATIFICADOS. D: RAIOS HOMOCELULARES, COMPOSTOS POR CÉLULAS PROCUMBENTES. ESCALA BARRA (A) 500 μ m; (B) 250 μ m; (C, D) 200 μ m. FONTE: O autor (2012)

Vasos (FIGURA. 4A e B) solitários, podendo ocorrer múltiplos de 2-4; apresentam 84 – 147,74 – 200 μ m de diâmetro tangencial, 110 – 129,28 – 151

μm de comprimento e 1 – 5 – 7 de freqüência; apresentam-se estratificados (FIGURA. 4C). Placa de perfuração simples, transversal a oblíqua. Pontoações intervasculares areoladas alternas e parênquima-vasculares semelhantes às intervasculares, mas com as aréolas reduzidas. **Parênquima axial** (FIGURA. 4A e B) apotraqueal em faixas com 3-5 células de largura, mais de quatro faixas por camada de crescimento. Séries parenquimáticas com 4-6 células, podendo conter cristais prismáticos; estratificadas juntamente com os elementos de vaso, fibras e raios. **Fibras** com 620 – 759,68 – 900 μm de comprimento, estratificadas juntamente com os elementos de vaso, séries do parênquima axial e raios, formando camadas com células de paredes mais espessas ao final da camada de crescimento. **Raios** homocelulares (FIGURA. 4D), formados por células procumbentes, com 1-2 células de largura e 9 - 18 - 27 μm de largura e freqüência de 9\text{mm}^2.

3. 2. FENOLOGIA E CLIMA

Os dados climáticos e fenológicos obtidos estão representados na FIGURA 5. Todos os indivíduos analisados tiveram as fenofases bem sincronizadas durante o período de observação. De acordo com a classificação de Borchert (1999), *P. violaceus* apresenta comportamento decíduo. A espécie apresentou um período de floração a partir de dezembro (final) até fevereiro (final) e de frutificação de março ao início de abril. A queda das folhas se inicia em junho, torna-se total em julho e persiste até agosto, sendo que as primeiras brotações foram observadas no início de setembro. A produção de novas folhas se estende até outubro e a copa encontra-se completamente renovada no início de novembro.

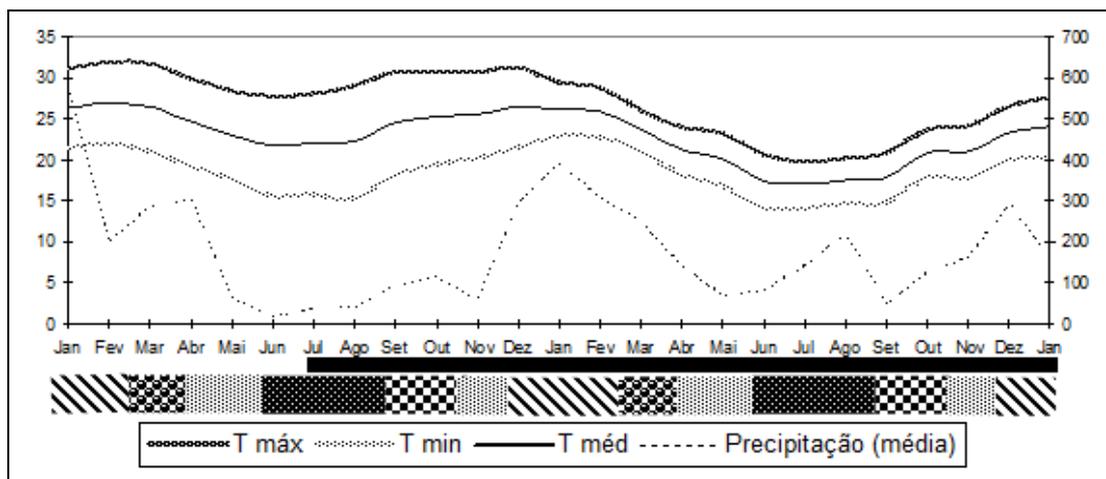


FIGURA 5 – TEMPERATURAS MÉDIAS (°C) E PRECIPITAÇÃO (MM) DO MUNICÍPIO DE ANTONINA – PR, ENTRE JANEIRO DE 2010 E JANEIRO DE 2012. FENOLOGIA DE *PTEROCARPUS VIOLACEUS* (BARRA INFERIOR): FLORAÇÃO: ; FRUTIFICAÇÃO: ; FOLHAGEM COMPLETA: ; QUEDA DAS FOLHAS: ; BROTAÇÃO: ; LINHA ESCURA: PERÍODO DE COLETA DE AMOSTRAS DO CÂMBIO VASCULAR.
 FONTE: O autor (2012)

O clima da região mostrou-se sazonal, com períodos chuvosos que vão de dezembro a abril, coincidindo com as temperaturas mais elevadas. As temperaturas mais baixas foram registradas entre maio e outubro, simultaneamente ao período onde foram registradas as menores precipitações.

No período de junho a agosto de 2010 observou-se um período seco acentuado, no entanto, o mesmo não se repetiu no mesmo período do ano seguinte.

3. 3. INCREMENTO RADIAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O incremento radial mensal, mensurado através dos dendrômetros, está descrito na FIGURA 6, juntamente com a fenologia da espécie. Os períodos com maior soma de incremento foram registrados entre dezembro e abril, período de maior precipitação e temperatura, sendo que entre maio e setembro as cintas permaneceram praticamente estabilizadas, registrando apenas pequenas variações no diâmetro dos troncos, associadas às menores temperaturas e baixa precipitação.

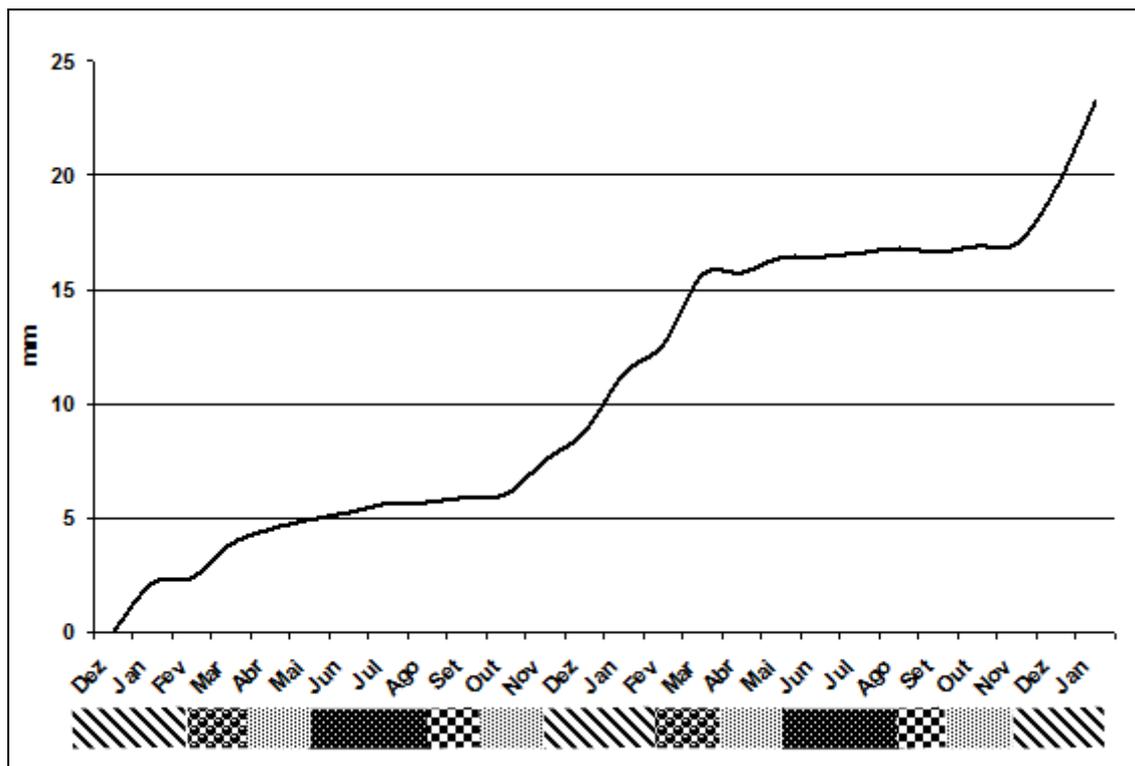


FIGURA 6 – SOMA DO INCREMENTO MÉDIO DOS ESPÉCIMES DE *Pterocarpus violaceus* NO PERÍODO DE JANEIRO DE 2010 A JANEIRO DE 2012. FENOLOGIA (BARRA INFERIOR): FLORAÇÃO: ; FRUTIFICAÇÃO: ; FOLHAGEM COMPLETA: ; QUEDA DAS FOLHAS: ; BROTAÇÃO:  SHAPE  MERGEFORMAT  LINHA ESCURA:  PERÍODO DE COLETA DE AMOSTRAS DO CÂMBIO VASCULAR.
 FONTE: O autor (2012)

O resultado da correlação Linear de Pearson foi positivo a 1% de probabilidade quanto ao nível de correlação do incremento radial com a precipitação mensal e as temperaturas médias mensais durante o período de observação, com valores de p igual a 0,74 e 0,68 respectivamente.

3.4 ATIVIDADE CAMBIAL DE *P. violaceus*

Todas as características anatômicas da zona cambial e do xilema secundário de *P. violaceus* durante o período de observação estão descritas na TABELA 2.

Em abril observou-se em alguns indivíduos a formação de uma faixa de parênquima marginal junto à zona cambial, após a faixa de fibras com paredes

espesas (FIGURA 7A), e elementos de vaso completamente diferenciados, além de elementos de vaso com calibre diminuto, denotando o término da atividade.

A parada total da atividade cambial foi observada entre os meses de maio a agosto. Neste período, em secção transversal, a zona cambial apresentava-se estreita e com paredes regulares (FIGURA 7B) e todos os elementos celulares do xilema secundário próximos à zona cambial estavam completamente diferenciados (FIGURA 7D), notando-se ainda a presença de elementos de vaso de calibre diminuto próximos à zona cambial, e a presença dos “assemblages” de elementos de tubo crivado no floema. Em secção tangencial, as iniciais fusiformes apresentavam, em agosto, espessamento irregular das paredes tangenciais, com um aspecto semelhante a um “colar de contas” (FIGURA 7C). No floema secundário a presença de “assemblages” de elementos de tubo crivado próximos à zona cambial mostrou-se uma característica anatômica muito comum durante este período.

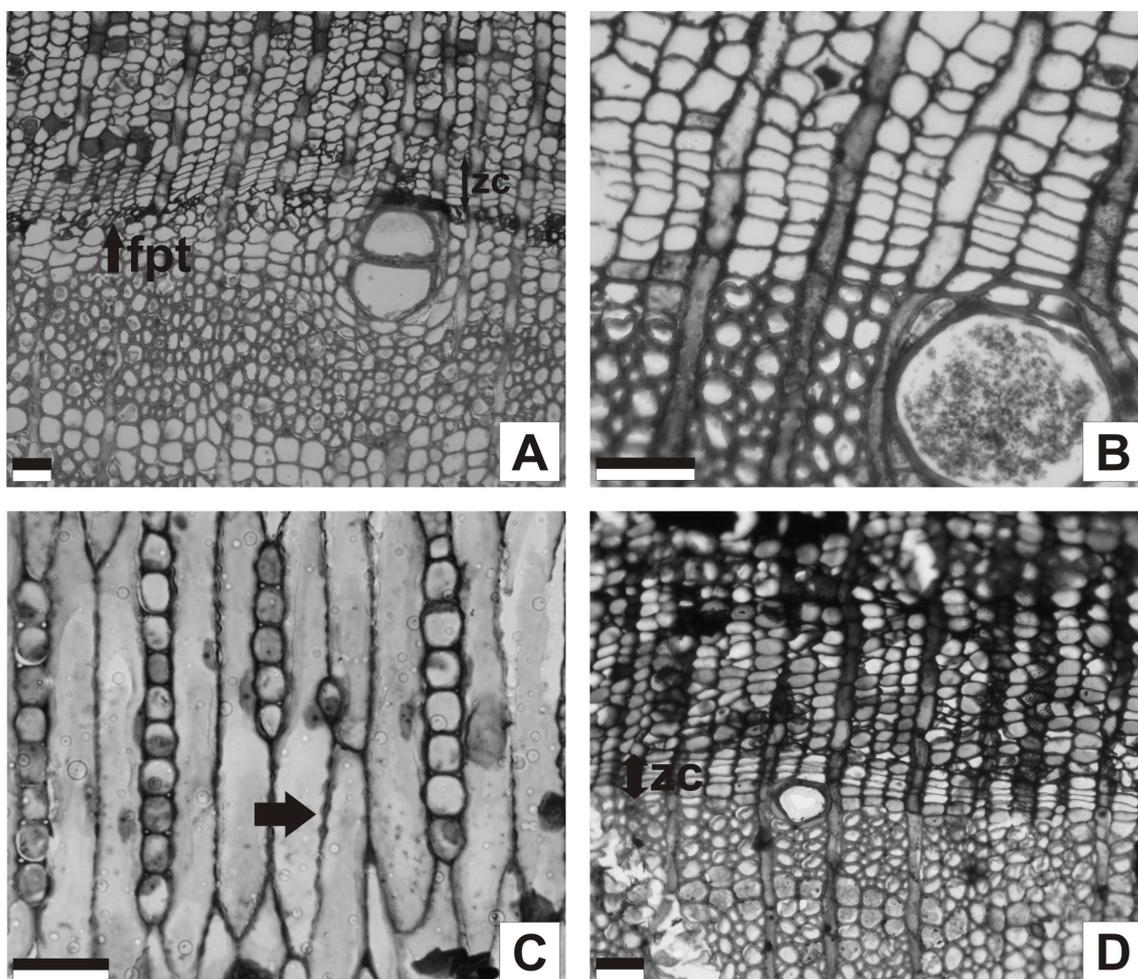


FIGURA 7 – TÉRMINO E PARADA DA ATIVIDADE CAMBIAL. SECÇÕES TRANSVERSAIS (A, B, D) (A) ABRIL/2011. FAIXA DE PARÊNQUIMA (FPT) FORMADA EM ABRIL, JUNTO À ZONA CAMBIAL; (B) AGOSTO/2011. ZONA CAMBIAL ESTREITA E COM PAREDES REGULARES; ELEMENTOS DO XILEMA SECUNDÁRIO DIFERENCIADOS PRÓXIMOS À ZONA CAMBIAL; “ASSEMBLAGES” DE ELEMENTOS DE TUBO CRIVADO NO FLOEMA SECUNDÁRIO, INDICANDO PARADA DE ATIVIDADE (C) SECÇÃO LONGITUDINAL TANGENCIAL. ASPECTO DE “COLAR DE CONTAS” DAS PAREDES CELULARES DAS INICIAIS FUSIFORMES, (D) ELEMENTO DE VASO DE MENOR CALIBRE PRÓXIMO À ZONA CAMBIAL. ESCALA BARRA (A, B, C, D) 50µm.

A reativação do câmbio vascular teve início em setembro, sendo notado um pequeno aumento do número de células da zona cambial, com paredes delgadas e irregulares (FIGURA 8A). Em outubro, secções tangenciais revelaram a ocorrência de divisões nas iniciais fusiformes (FIGURA 8B). Em novembro notou-se elementos de vaso em processo de diferenciação próximos a zona cambial (FIGURA 8C). O ápice da atividade cambial, com intensa produção de xilema secundário, ocorreu em janeiro, quando a zona cambial apresentou numerosas camadas de células derivadas com paredes finas e irregulares (FIGURA 7D). Neste período o xilema apresentou grande quantidade de elementos de vaso, fibras e parênquima em diferenciação, além da produção de novas faixas de parênquima axial (FIGURA 7E). De fevereiro a março provavelmente ocorreu a diferenciação total do xilema secundário cuja formação foi iniciada a partir de setembro. Em fevereiro pode-se notar várias camadas de células no xilema secundário ainda em diferenciação, mas em número muito menor do que em janeiro (FIGURA 7F).

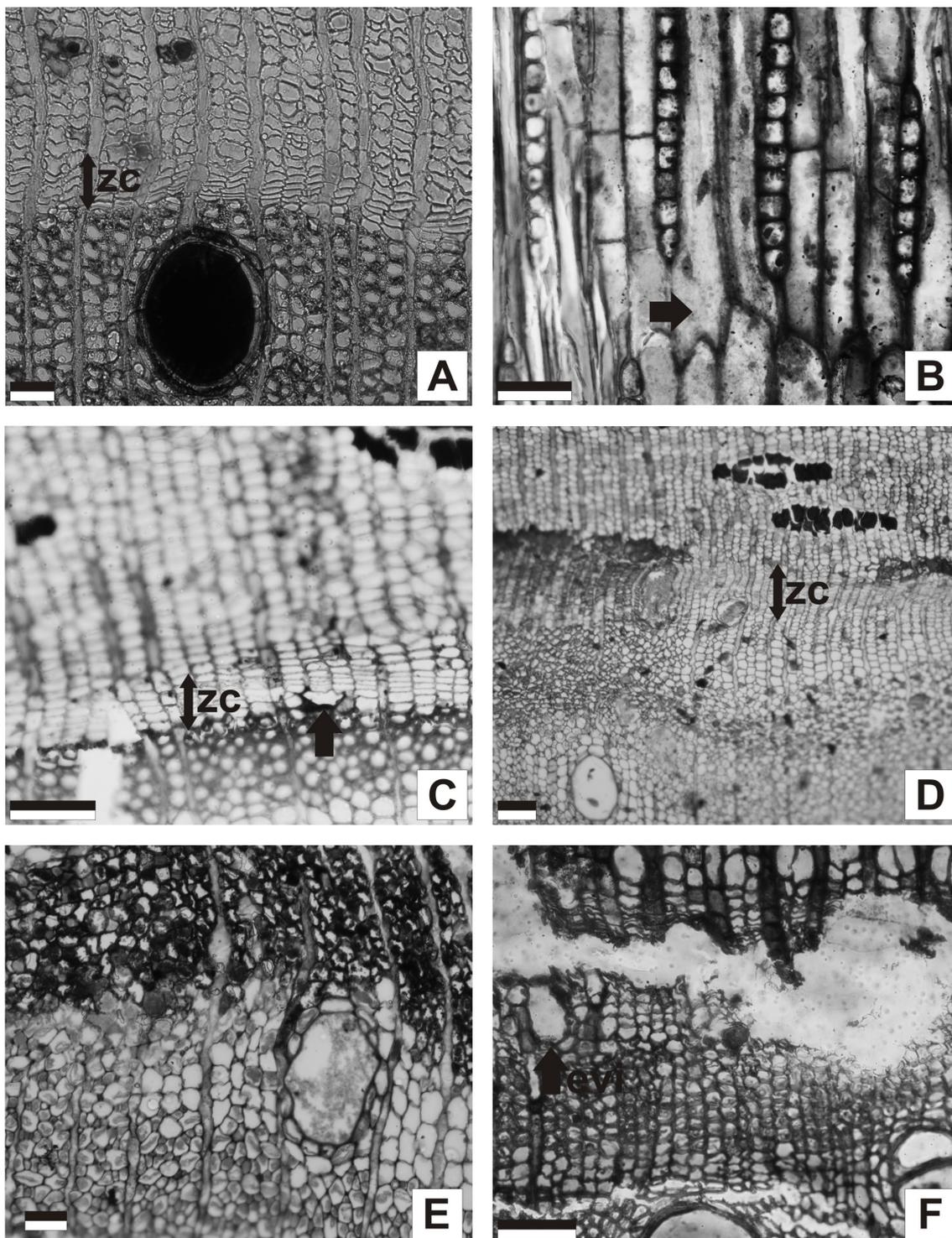


FIGURA 8. REATIVAÇÃO E ATIVIDADE CAMBIAL. SECÇÕES TRANSVERSAIS (A, C-F) (A) SETEMBRO/2010. ZONA CAMBIAL COM PAREDES IRREGULARES, (B) OUTUBRO/2011. INICIAL FUSIFORME (SETA) EM PROCESSO DE DIVISÃO, (C) NOVEMBRO/2010. ELEMENTO DE VASO INDIFERENCIADO (SETA) PRÓXIMO À ZONA CAMBIAL, (D) JANEIRO/2012. ZONA CAMBIAL APRESENTANDO VÁRIAS CAMADAS DE CÉLULAS; NUMEROSAS CAMADAS DE CÉLULAS EM DIFERENCIAÇÃO, (E) JANEIRO/2012. ELEMENTO DE VASO, FIBRAS E PARÊNQUIMA AXIAL EM PROCESSO DE DIFERENCIAÇÃO, (F) FEVEREIRO/2011. ELEMENTO DE VASO EM DIFERENCIAÇÃO (EVI). ESCALA BARRA (A, B, F) 50 μ m; (C, D, E) 100 μ m.
 FONTE: O autor (2012)

	Coletas	No. Células na zona cambial	Paredes celulares espessas e regulares	Paredes celulares finas e irregulares	Inchaço das células	Presença de grãos de amido	Xil. e flo. 2os. Diferenciados	El. vaso de diâmetro reduzido próximos à ZC	Assemblages no floema	El. celulares em diferenciação no xilema 2º.
ATIV	Jan 2011 2012	+ 12		X	X	X				X(El.vas.; Par; Fib)
	Fev 2011	6-9		X	X	X				X(El.vas.; Par; Fib)
	Abr 2011	3-5		X		X				X (par)
DOR M	Mai 2011	3-5	X			X	X		X	
	Jun 2011	3-5	X			X	X	X	X	
	Jul 2010 2011	3-5	X			X	X	X	X	
	Ago 2010 2011	3-5	X			X	X	X	X	
ATIV	Set 2010 2011	5-6		X		X	X			
	Out 2010 2011	5-6		X		X	X			
	Nov 2010 2011	5-6		X		X				X (El. Vas.)
	Dez 2010	6-7		X	X	X				X (El. Vas.)

TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DA ZONA CAMBIAL (ZC) DE *PTEROCARPUS VIOLACEUS* OBSERVADAS DURANTE O PERÍODO DE JULHO DE 2010 A JANEIRO DE 2012. LEGENDA: (EL.VAS) ELEMENTO DE VASO; (PAR) PARÊNQUIMA AXIAL; (FIB) FIBRAS.
FONTE: O autor (2012)

DISCUSSÃO

A sazonalidade cambial de *Pterocarpus violaceus*, eventos fenológicos, incremento radial e a formação do xilema secundário mostraram uma periodicidade anual, estando fortemente relacionados à temperatura e precipitação.

O clima da região de Antonina apresenta um período chuvoso e quente, e um período com menor precipitação e temperaturas mais baixas durante três meses, o que caracteriza uma estação seca bem demarcada seguindo o critério de WORBES (1995), o que influencia na formação de camadas de crescimento em espécies tropicais. No ano de 2011 observou-se um aumento da precipitação no mês de agosto, o que difere do padrão regional. Este fato pode ser explicado devido à região sofrer influência do fenômeno climático El Niño, o qual, segundo FERNANDES & SAKAGUCHI (2011), pode alterar o regime de chuvas em determinadas regiões. Entretanto, não foi notada nenhuma alteração na sazonalidade cambial que possa ser correlacionada ao fenômeno.

A fenologia da espécie seguiu um padrão decíduo, de acordo com a classificação de BORCHERT (1999). Durante os meses de junho até agosto observou-se a fenofase de queda total das folhas em sincronia com o período mais frio e com menor precipitação. WRIGHT & VAN SCHAIL (1994) sugerem que a diminuição na disponibilidade hídrica desencadeia a perda das folhas nas espécies decíduas, corroborando com MARCATI *et al.* (2006), que mencionam que a diminuição da taxa de transpiração da planta decorrente de um período mais seco leva a perda da folhagem.

A brotação se inicia juntamente com o início de setembro, quando as temperaturas voltam a subir e a precipitação tem um leve aumento, durando de setembro a outubro, estando a copa totalmente renovada em novembro. Este fato pode ser diretamente relacionado ao aumento da disponibilidade hídrica e também ao aumento do cumprimento do dia (GOULART *et al.* 2005). A fenofase de floração ocorreu de dezembro a fevereiro, e a de frutificação, de março a abril, período em que são registradas as temperaturas mais altas e

com maiores somas de precipitação, semelhante ao padrão observado para espécies da Floresta Atlântica por MORELLATO *et al.* (2000). Estes resultados condizem com os obtidos por SCHACKLETON (2002), estudando a fenologia de *Pterocarpus angolensis* em savanas da África do Sul, que observaram um padrão decíduo, onde a queda das folhas esta relacionada ao déficit hídrico, sendo a brotação e floração desencadeadas pelo início do período chuvoso.

O acompanhamento do incremento radial através dos dendrômetros seguiu o ritmo da fenologia da espécie, podendo-se distinguir um período de incremento intenso entre os meses de setembro a abril (com pico entre janeiro e março) e um período decrescente entre maio e junho, chegando a uma estabilização quase que completa entre julho e agosto. Este padrão de incremento é freqüentemente observado em regiões tropicais ou subtropicais onde há períodos secos anuais, tendo sido reportado em outros estudos, tais como BAUCH & DÜNISH (2000), avaliando o crescimento de *Carapa guianensis* onde foi observada uma curta dormência durante a estação seca e RAO & RAJPUT (2001), no estudo de *Azadirachta indica*, observando crescimento radial máximo no período com precipitação mais intensa. No estudo de *Tabebuia umbellata*, CALLADO *et al.* (2004) evidenciaram o incremento do tronco favorecido pelo período chuvoso. Em espécies da família Fabaceae, tais como, *Centrolobium tomentosum*, *Dipteryx alata*, *Myroxylon balsamum* e *Platycyamus regnelli*, em estudo realizado por LISI *et al.* (2008), e também no gênero *Pterocarpus*, em *P. angolensis* (SHACKLETON, 2002), foi constatado que o crescimento anual da espécie está correlacionado ao período chuvoso durante a estação de crescimento.

A análise de correlação corroborou a forte sincronia observada do crescimento radial com as variações de temperatura e precipitação mensal. A correlação Linear de Pearson é um método utilizado em estudos semelhantes, como PUMIJUMNONG & WANYAPHET (2006) que encontraram correlação significativa e positiva entre a atividade cambial de espécies arbóreas da Tailândia e as variáveis climáticas regionais e BUCKLEY *et al.* (1995), investigando o crescimento radial de *Pinus merkusii* e *Pinus kesiya* na Tailândia, mostrando que o crescimento destas espécies tem relação direta com a temperatura.

P. violaceus apresenta um curto pico de intensa atividade na formação de elementos celulares do xilema secundário, que ocorre em janeiro, sendo que a presença de numerosas células de xilema secundário em processo de diferenciação nesta ocasião denota um período de grande atividade do câmbio vascular. Este fato é reportado como indicador de atividade em outras espécies tropicais (MARCATI, 2006, 2008; VENUGOPAL & LIANGKUWANG, 2007; RAJPUT *et al.* 2008, LIMA *et al.*, 2010). Este curto período de atividade não é comum em espécies arbóreas tropicais (LIMA *et al.*, 2010), sendo muito menor do que o observado em outras espécies tropicais, como 5 meses para *Cedrela fissilis* (MARCATI *et al.* 2006), *Citharexylum myrianthum*, *Copaifera langsdorffii* (ANGYALOSSY, 2006) e *Caesalpinia echinata* (AMANO, 2007). No entanto, fato semelhante foi observado por KREPKOWSKI *et al.* (2011), estudando o crescimento de espécies tropicais da Etiópia, as quais apresentaram um período de crescimento restrito a um só mês. Embora tenha sido detectado o início da atividade cambial em setembro, concomitante ao início da estação chuvosa e aumento das temperaturas, e fenofase de brotação, esta só ocorre expressivamente em janeiro, coincidindo com as máximas temperaturas e precipitação. Segundo ECKSTEIN & FRISSE (1982) e CORCUERA *et al.* (2004) este fato se deve a maior resposta do crescimento quando ocorrem grandes cargas de precipitação, fato observado justamente em janeiro no município de Antonina. Em um estudo sobre a atividade cambial de espécies de lianas de Bignoniaceae, LIMA *et al.* (2010) também reportam um curto espaço de tempo de atividade de 1 mês, e sugerem que este fato pode ser uma das causas que leva à formação dos caules estreitos. BORCHERT (1999) menciona que a disponibilidade hídrica é o principal fator que controla a atividade cambial nos trópicos, e que em regiões onde ocorre um período de seca, a atividade é retomada juntamente com o início das chuvas. MARCATI *et al.* (2006, 2008) corroboram esta observação em *Cedrela fissilis* e *Schizolobium parahyba*,

Durante este período de intensa atividade, o câmbio vascular apresentou um elevado número de camadas de células, o que, segundo FAHN & WERKER (1990), se deve ao fato de que a taxa de divisão supera a taxa de diferenciação no ápice da atividade cambial. Também foi constatado que os elementos de vasos diferenciam-se antes das demais células do xilema, como observado por

MARCATI *et al.* (2006) para *Cedrela fissilis*, e MARCATI *et al.* (2008) para *Schizolobium parahyba*, o que, de acordo com ZIMMERMANN (1983),reflete a importância de se produzir rapidamente o aparato para a condução da água.

Na mesma ocasião notou-se que as paredes celulares das células da zona cambial estavam finas e onduladas em secções transversais, fenômeno característico de paredes celulares primárias recém formadas durante a estação de crescimento (CHEN *et al.*, 2010), e houve um inchaço das células, que é associado ao período efetivo de atividade cambial, pela hidratação das células (FAHN & WERKER, 1990).

A presença de grãos de amido próximos à zona cambial é algo freqüente durante todo o ano em *P. violaceus*. Mudanças sazonais na quantidade de grãos de amido próximos à zona cambial podem estar relacionadas tanto aos períodos de atividade, onde grandes quantidades são observadas próximas à zona cambial, como por exemplo, em *Dillenia indica* (VENUGOPAL & LIANGKUWANG, 2007), quanto a períodos de dormência, quando torna-se escassa a presença de grãos de amido, como no caso de *Abies balsamea* (ESSIAMAH & ESCHRICH, 1985). No entanto em *P. violaceus*, este parâmetro é muito variável, estando presente durante todo o ano. Esta variação é relatada em outras espécies, tais como *Bombax buonopozense* (LAWTON & LAWTON, 1972) e *Robinia pseudoacia* (FARRAR & EVERT, 1997).

A atividade inicia seu declínio já em fevereiro, ainda que sejam observadas numerosas camadas de células na zona cambial em processo de diferenciação. De acordo com RAO & RAJPUT (1999) isto se deve a diminuição drástica das divisões celulares, consoante à continuidade da diferenciação das células já formadas.

Em abril observou-se a formação de uma estreita faixa de parênquima terminal, onde o câmbio já parece estar inativo, mas as células estão ainda em processo final de diferenciação. MARCATI *et al.* (2006) observou a formação de uma faixa de parênquima terminal ao fim da estação de crescimento em *Cedrella fissilis*. Analisando anéis de crescimento de *Pterocarpus angolensis*, FICHTLER *et al.* (2004) observou a presença de uma estreita faixa de parênquima delimitando o final de cada anel. MARCATI (2008) também observou que pequenas faixas de parênquima delimitam as camadas de crescimento de *Schizolobium parahyba*.

A dormência cambial foi observada durante os meses de maio a agosto, simultaneamente à queda total das folhas e ao período frio e seco. Neste intervalo o câmbio vascular apresenta o menor número de camadas de células, as quais possuem paredes muito regulares. RAO & RAJPUT (2001) atribuem tal característica ao estresse hídrico, o qual, segundo FICHTLER *et al.* (2004), pode causar o término da atividade cambial. Resultados semelhantes foram observados por SHATLE *et al.* (1999) e FICHTLER *et al.* (2004) em *Pterocarpus angolensis*, sendo a queda abrupta da precipitação e da temperatura durante os meses de junho a agosto os fatores que desencadearam dormência cambial nestas espécies.

Elementos de vaso com diâmetro reduzido e fibras com paredes mais espessas próximos à zona cambial e a presença de xilema e floema secundários completamente diferenciados durante este período reforçou o início de dormência, demonstrando a ausência de diferenciação celular. Esta composição totalmente diferenciada do xilema e floema justapostos à zona cambial durante a parada do câmbio vascular é reportada em diversos estudos (RAO & RAJPUT, 2001; ROSSI *et al.*, 2006; VENUGOPAL & LIANGKUWANG, 2007).

No mês de agosto foi observado o aspecto “gotejado” (colar de contas) das paredes celulares das iniciais fusiformes, um indicador direto de períodos de dormência (SIDDIQUI, 1991; RAO & RAJPUT, 2001; VENUGOPAL & LIANGKUWANG, 2007). Segundo CHEN *et al.* (2010), esta característica se deve ao espessamento pronunciado das paredes celulares entre os campos de pontuação primária.

Em relação ao floema secundário, durante o período de menor atividade, agrupamentos de dois a três elementos de tubo crivado de diâmetro reduzido e respectivas células companheiras células, também chamados de “assemblages” (LIMA *et al.* 2010), estavam presentes próximos à zona cambial neste período. Esta característica foi reportada por MARCATI (2008) no floema de *Schizolobium parahyba* no período de dormência cambial, sendo que, segundo ANGYALOSSY (2006), estes agrupamentos representam marcadores terminais do floema em *Cedrela fissilis* e *Citharexylum myrianthum*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo revelaram que *P. violaceus* forma anéis de crescimento anuais demarcados por uma faixa de fibras com paredes mais espessas, associada a uma faixa mais estreita de parênquima terminal, que pode ser descontínua em alguns trechos, com a presença de elementos de vaso de diâmetro muito pequeno. O ápice da atividade cambial é curto, e coincide com o período de máxima precipitação e temperatura, e a fenofase de floração, enquanto que o período de dormência é concomitante à seca e as baixas temperaturas.

REFERÊNCIAS

AGRITEMPO - SISTEMA DE MONITORAMENTO AGROMETEOROLÓGICO. <http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario>. Acesso em Janeiro de 2012.

AJMAL, S.; IQBAL, M. Annual rhythm of cambial activity in *Streblus asper*. **Iawa Bulletin**, v. 8, n. 3, p. 275–283, 1987.

AKKEMIK, U.; YILMAZ, H. Ç, SEVGI, O. Cambial activity of the Sessile Oak (*Quercus petraea*) in Belgrade Forest, Istanbul. **Turk J. Agric. For**, n. 30, p. 429–438, 2006.

ANGYALOSSY, V. O floema secundário em espécies arbóreas. **Livre Docência**, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

AMANO, E. **Pau-Brasil, Madeira e casca: formação, desenvolvimento e estrutura**. 101f. Tese (Doutorado em Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BAAS, P.; MILLER, R. B. Functional and ecological wood anatomy some introductory comments. **Iawa Bulletin**, v. 6, n. 4, p. 281–282, 1985.

BAILEY, I. W. The significance of the cambium in the study of certain physiological problems. **The Journal of General Physiology**, p. 519–533, 1920.

BAUCH, J.; DÜNISCH, O. Comparison of growth dynamics and wood characteristics of plantation-grown and primary forest *Carapa guianensis* in central amazonia. **Iawa Journal**, v. 21, n. 3, p. 321–333, 2000.

BEGUM, S.; NAKABA, S.; ORIBE, Y.; KUBO, T.; FUNADA, R. Cambial sensitivity to rising temperatures by natural condition and artificial heating from late winter to early spring in the evergreen conifer *Cryptomeria japonica*. **Trees**, v. 24, p. 43–52, 2010.

BORCHERT, R. Soil and stem water storage determine the phenology and distribution of tropical dry forest trees. **Ecology** **75**: 1437-1449, 1994a.

BORCHERT, R. Water status and development of tropical trees during seasonal drought. **Trees** 8: 115-125, 1994b.

BORCHERT, R. Climatic periodicity, phenology, and cambium activity in tropical dry forest trees. **Iawa Journal**, v. 20, n. 3, p. 239–247, 1999.

BRÄUNING, A.; VOLLAND-VOIGT, F.; BURCHARDT, I.; GANZHI, O.; NAUSS, T.; PETERS, T. Climatic control of radial growth of *Cedrela Montana* in a humid mountain rainforest in southern Ecuador. **Erdkunde**, v. 63, n. 4, p. 337–345, 2010.

CALLADO, C. H.; NETO, S. J. S.; SCARANO, F. R.; COSTA, C. G. Radial growth dynamics of *Tabebuia umbellata* (Bignoniaceae), a flood-tolerant tree from the atlantic forest swamps in Brazil. **Iawa Journal**, v. 25, n. 2, p. 175–183, 2004.

CARVALHO, F. A. **Dinâmica da vegetação arbórea de uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no Brasil central**. 134f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Instituto de Biociências, Brasília, 2009.

CNPM - EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE.
<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=&COD=154>.
Acesso em Junho de 2011.

CORCUERA, L.; CAMARERO, J. J.; GIL-PELEGRIN, E. Effects of a severe drought on growth and Wood anatomical properties of *Quercus faginea*. **Iawa Journal**, v. 25, n. 2, p. 185–204, 2004.

CUFAR, K.; PRISLAN, P. Cambial activity and wood formation in Beech (*Fagus sylvatica*) during the 2006 growth season. **Wood Research**, v. 53, n. 4, p. 1–12, 2008.

DAVE, Y. S.; RAO, K. S. Seasonal activity of the vascular cambium in *Gmelina arborea* Roxb. **Iawa Bulletin**, v. 3, n. 1, p. 59–65, 1982.

ECKENSTEIN, D.; FRISSE, E. The influence of temperature and precipitation on vessel area and ring width of oak and beech. In: HUGHES, M. K.; KELLY, P. M.; PILCHER, J. R.; LAMARCHE, V. C. (eds). *Climate from tree rings*: 12. Cambridge University Press, Cambridge, 1982.

ESSIAMAH, S.; ESCHRICH, W. Changes of starch content in the storage tissues of deciduous trees during winter and spring. **Iawa Bull.**, v. 6, p. 97-106, 1985.

FAHN A, WERKER E Seasonal Cambial Activity. In: Iqbal M (ed) The Vascular Cambium. Research Studies Press Ltd, Taunton, England, p. 139-153, 1990.

FARRAR, J. J.; EVERT, R. F. Seasonal changes in the ultrastructure of the vascular cambium of *Robinia pseudoacacia*. **Trees**, v. 11, p. 191–202, 1997.

FERNANDES, L. C.; SAKAGUSHI, M. A. L. Seguro agrícola baseado em produtividade por áreas. **Trabalho de conclusão de curso**, Curso de Bacharelado em Estatística, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, 66p, 2011.

FICHTLER, E.; TROUET, V.; BEECKMAN, H.; COPPIN, P.; WORBES, M. Climatic signals in tree rings of *Burkea Africana* and *Pterocarpus angolensis* from semiarid forests in Namibia. **Trees**, v. 18, p. 442-451, 2004.

FERREIRA-FEDELE, L.; FILHO, M. T.; BOTOSSO P. C.; GIANNOTI, E. Periodicidade do crescimento de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (guarantã) em duas áreas da região sudeste do Estado de São Paulo. **Scientia Florestalis**, n.65, p. 141–149, 2004.

GOULART, M. F.; FILHO, J. P. L.; LOVATO, M. B. Phenological variation within and among populations of *Plathymenia reticulata* in Brazilian Cerrado, the Atlantic Forest and Transitional Sites. **Annals of Botany**, v. 96, p. 445-455, 2005.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistical software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**, n 4, v 1, 9pp, 2011.

IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro, Série Manuais Técnicos em Geociências, **IBGE**, 1992.

INGCACHAICHOT, C. **Seasonal variation of cambial activity in branches of *Pterocarpus macrocarpus* Kurz, *Shorea roxburghii* G. Don, and *Dipterocarpus intricatus* Dyer in dry dipterocarp forest.** Tese de Doutorado, Universidade de Kasetsart, 1894.

IPARDES – Instituto Paranaense de desenvolvimento Econômico e Social. **Diagnóstico físico-ambiental da Serra do Mar**. Curitiba, 1991.

IQBAL, I. ed; **The Vascular Cambium**. Tauton: Research Studies Press Ltda, 1990. 246p.

KILLMANN, W.; THONG, H. L. The periodicity of growth in tropical trees with special reference to Dipterocarpaceae – a review. **Iawa Journal**, v. 16, n. 4, p. 329–335, 1995.

KREPKOWSKI, J.; BRÄUNING, A.; GEBREKIRSTOS, A.; STROBL, S. Cambial growth dynamics and climatic control of different tree life forms in tropical mountain forest in Ethiopia. **Trees**, v. 25, p. 59-70, 2011.

LARCHER, W. 2000. **Ecofisiologia vegetal**. RiMa, São Carlos.

LAWTON, J. R.; LAWTON, J. R. S. Seasonal variations in the secondary phloem of some forest trees from Nigeria. **New Phytol.**, v. 70, p. 187-196, 1972.

LIMA, A. C.; PACE, M. R.; ANGYALOSSY, V. Seasonality and growth rings in lianas of Bignoniaceae. **Trees**, v. 24, p. 1045-1060, 2010.

LIPHSCHITZ, N.; LEV-YADUN, S. Cambial activity of evergreen and seasonal dimorphics around the Mediterranean. **Iawa Bulletin**, v. 7, n. 2, p. 145–153, 1986.

LIPHSCHITZ, N.; LEV-YADUN, S.; ROSEN, E.; WAISEL, Y. The annual rhythm of activity of the lateral meristems (cambium and phellogen) in *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinea* L. **Iawa Bulletin**, v. 5, n. 4, p. 263–274, 1984.

LIPHSCHITZ, N.; LEV-YADUN, S.; WAISEL, Y. The annual rhythm of activity of the lateral meristems (cambium and phellogen) in *Pistacia lentiscus* L. **Iawa Bulletin**, v. 6, n. 3, p. 239–244, 1985.

LISI, C. S.; FILHO, M. T.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, A. F.; MARIA, V. R. B.; FERREIRA-FEDELE, L.; VOIGT, A. R. A. Tree-ring formation, radial increment

periodicity and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous Forest in southeast Brazil. **Iawa Journal**, v.29, n. 2, p. 198-207, 2008.

LU, C.; CHIANG, S. T. Seasonal activity of the cambium in the Young Branch of *Liquidambar Formosa* Hance. **Taiwania**, v. 20, n. 1, p. 32–47, 1975.

LUCHI, A. E. **Periodicidade de crescimento em *Hymenaea courbaril* e anatomia ecológica do lenho de espécies de mata ciliar**. 236f. Tese (Doutorado em Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

LUIS, M.; GRICAR, J.; CUFAR, K.; RAVENTOS, J. Seasonal dynamics of wood formation in *Pinus halepensis* from dry and semi-arid ecosystems in Spain. **Iawa Journal**, v. 28, n. 4, p. 389–404, 2007.

MARCATI, C. R. Sazonalidade de espécies arbóreas. **Tese de Doutorado**, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARCATI, C. R.; ANGYALOSSY, V.; EVERT, R. F. Seasonal variation in wood formation of *Cedrela fissilis* (MELIACEAE). **Iawa Journal**, v. 27, n. 2, p. 199–211, 2006.

MARCATI, C. R.; MILANEZ, C. R. D.; MACHADO, S. R. Seasonal development of secondary xylem and phloem in *Schizolbium parahyba* (Vell.) Blake (Leguminosae: Caesalpinioideae). **Trees**, v. 22, p. 3-12, 2008.

MENEZES, M.; BERGER, U.; WORBES, M. Annual growth rings and long-term growth patterns of mangrove trees from the Bragança peninsula, North Brazil. **Wetlands Ecology and Management**, v. 11, p. 233–242, 2003.

MORELATTO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASHI, A.; BENCKE, C. C.; ROMERA, E. C.; ZIPPARRO, V. B. Phenology of atlantic rain forest trees: a comparative study. **Biotropica**, v. 32, p. 811-823, 2000.

OLIVEIRA, J. M.; SANTAROSA, E.; PILLAR, V. D.; ROIG, F. A. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, v. 23, p. 107–115, 2009.

RAJPUT, K. S.; RAO, K. S.; KIM, Y. S. Cambial activity and wood anatomy in *Proposis spicigera* (Mimosaceae) affected by combined air pollutants. **Iawa Journal**, v. 29, n. 2, p. 209–219, 2008.

RAO, K. S.; RAJPUT, K. S. Relationship between seasonal cambial activity, development of xylem and phenology in *Azadirachta indica* growing in different forests of Gujarat State. **Ann. For. Sci.**, v. 58, p. 691–698, 2001.

ROSSI, S.; DESLAURIERS, A.; ANFODILLO, T. Assessment of cambial activity and xylogenesis by microsampling tree species: an example at the alpine timberline. **Iawa Journal**, v. 27, n. 4, p. 383–394, 2006.

SAAS-KLAASSEN, U.; SABAJO, C. R.; OUDEN, J. D. Vessel formation in relation to leaf phenology in pedunculate oak and European ash. **Dendrochrologia**, 29, 171-175, 2011.

STAHLE, D. W.; MUSHOVE, P. T.; CLEVELAND, M. K.; ROIG, F.; HAYNES, G. A. Management implications of annual growth rings in *Pterocarpus angolensis* from Zimbabwe. **Forest Ecology and Management**, v. 124, p. 217–229, 1999.

SCHMITT, U.; JALKANEN, R.; ECKSTEIN, D. Cambium dynamics of *Pinus sylvestris* and *Betula* sp. In the northern Boreal forest in Finland. **Silva Fennica**, v. 38, n. 2, p. 167 – 178, 2004.

SHACKLETON, C. M. Growth patterns of *Pterocarpus angolensis* in savannas of the South African lowveld. **Forest Ecology and Management**, v. 166, p. 85-97, 2002.

SIDDIQUI, T. O. Impact of Seasonal variation on the structure and activity of vascular cambium in *Ficus religiosa*. **Iawa Bulletin**, v. 12, n. 2, p. 177–185, 1991.

SRIVASTAVA, L. M. On the fine structure of the cambium of *Fraxinus americana* L. **The Journal of Cell Biology**, v. 31, p. 79–93, 1966.

THERRELL, M. D.; STAHLE, D. W.; MUKELABAI, M.; SHUGART, H. H. Age, and radial growth dynamics of *Pterocarpus angolensis* in southern Africa. **Forest Ecology and Management**, n.244, p. 24–31, 2007.

VENUGOPAL, N.; LIANGKUWANG, M. G. Cambial activity and annual rhythm of xylem production of elephant apple tree (*Dillenia indica* Linn.) in relation to

phenology and climatic factor growing in sub-tropical wet forest of northeast India. **Trees**, v. 21, p. 101–110, 2007.

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

WARDLE, P. Seasonality in New Zealand Plants. **The New Zealand Entomologist**, v. 6, n. 4, p. 344–349, 1978.

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees: a review. **IAWA Journal**, v. 16, n. 4, p. 337–351, 1995.

WRIGHT, S. J.; VAN SCHAİK, C. P. Ligth and phenology of tropical trees. **The American Naturalist**, v. 143, p. 193-199, 1994.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 5.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2010.

ZIMMERMANN, M. H. Xylem structure and ascent of sap. **Springer Velag**, New York, 1983.