

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FERNANDO ANDREACCI

ATIVIDADE CAMBIAL, FENOLOGIA VEGETATIVA E RITMO DE CRESCIMENTO
DE *Cedrela fissilis* Vell. EM ÁREAS DE FLORESTAS OMBRÓFILAS MISTA E
DENSA DO ESTADO DO PARANÁ: ASPECTOS DENDROCRONOLÓGICOS E
DENDROECOLÓGICOS

CURITIBA

2012

FERNANDO ANDREACCI

ATIVIDADE CAMBIAL, FENOLOGIA VEGETATIVA E RITMO DE CRESCIMENTO
DE *Cedrela fissilis* Vell. EM ÁREAS DE FLORESTAS OMBRÓFILAS MISTA E
DENSA DO ESTADO DO PARANÁ: ASPECTOS DENDROCRONOLÓGICOS E
DENDROECOLÓGICOS

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre em Botânica, no curso
de Pós-Graduação em Botânica, setor de Ciências
Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

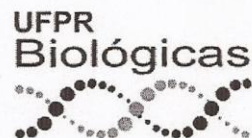
Orientador: Dr. Paulo Cesar Botosso
Coorientador: Prof. Dr. Franklin Galvão

CURITIBA

2012



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências Biológicas
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BOTÂNICA



252^a.
2012

Ata de Julgamento da Dissertação de Mestrado do pós-graduando **FERNANDO ANDREACCI**. Aos vinte dias do mês de março de dois mil e doze, às quatorze horas na Sala 421, no Bloco da Botânica, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, na presença da Comissão Examinadora, composta pelos Professores Doutores Paulo Cesar Botosso (EMBRAPA/PR) presidente e orientador, Juliano Morales de Oliveira (UNISINOS) e Afonso Figueiredo Filho (UNICENTRO) como titulares, foi aberta a sessão de julgamento da Dissertação intitulada "**Atividade Cambial, fenologia vegetativa e ritmo de dinâmica de crescimento de *Cedrela fissilis* Velozzo em áreas de floristas ombrófilas mista e densa do Estado do Paraná: aspectos dendrocronológicos e dendroecológicos**". Após a apresentação, perguntas e esclarecimentos acerca da Dissertação, a Comissão Examinadora **APROVA O TRABALHO DE CONCLUSÃO DO ALUNO Fernando Andreacci** Nada mais havendo a tratar, encerrou-se a sessão da qual foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos componentes da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. Paulo Cesar Botosso.....

Prof. Dr. Juliano Morales de Oliveira.....

Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho.....

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Dr. Paulo Cesar Botosso e Prof. Franklin Galvão, pela atenção, dedicação, presença, abertura de canais profissionais e preciosos ensinamentos de ordem técnica.

Aos professores e funcionários do curso de Pós-Graduação em Botânica, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná – UFPR, pelos ensinamentos durante o curso.

Aos professores, funcionários e alunos do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná – UFPR, que me acolheram e me auxiliaram na construção de uma visão mais técnica da Ciência.

À EMBRAPA Florestas, pela oportunidade de estágio e disponibilização de sua estrutura física para desenvolvimento de minhas atividades.

À Companhia Paranaense de Energia – COPEL, pela disponibilização de suas dependências e, em especial ao Dr. Murilo L. Barddal, pela cooperação durante as atividades desenvolvidas na área da Companhia.

Aos funcionários e pesquisadores do Jardim Botânico Municipal de Curitiba, em especial ao Dr. Osmar dos Santos Ribas, pela cooperação e oportunidade de utilização das dependências do Jardim.

A Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação – SPVS, em especial aos funcionários guarda-parque e ao Biólogo Robson L. Capretz, pela disponibilização da área de pesquisa, estrutura para o desenvolvimento do trabalho e ensinamentos.

Aos professores, funcionários e alunos do Departamento de Recursos Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, pelo acolhimento e ensinamentos acerca da Dendrocronologia.

Aos colegas da pós-graduação, principalmente ao Eduardo Schemberg, que de forma direta ou indireta colaboraram para a execução deste trabalho.

Aos integrantes da república Mata Atlântica Catarinense, pela já antiga amizade e parceria durante o curso e pelas exclusivas e extensivas discussões florestais, gastronômicas, ecológicas, aquaristas, botânicas, econômicas, caninas, automotivas, imobiliárias, amorosas, entre as outras mais diversas áreas do saber.

Aos meus familiares que me apoiaram e auxiliaram de diversas maneiras durante o curso.

Aos meus amigos, em especial ao grupo Allacathunas, que mesmo não interessados, ouviam atentamente (ou não) os meus dizeres sobre a jornada do curso.

À Suelen C. Padilha, pelo companheirismo e compreensão nesta etapa de grandes desafios e pelo incentivo e conforto nos momentos mais complicados.

À Deus, pelo dom da vida, do raciocínio e da esperança.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma avaliação da ritmicidade e periodicidade do crescimento em circunferência do caule, dos eventos de fenologia vegetativa e das séries temporais de larguras dos anéis de crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. em diferentes unidades fitogeográficas no Estado do Paraná, Brasil. As áreas de estudo encontram-se sob o domínio da Floresta Atlântica subtropical, sendo uma localizada no primeiro planalto do Estado e outra na porção litorânea. Para representar a área do planalto foram selecionados dois fragmentos florestais, ambos cobertos com vegetação nativa, secundária em regeneração e representativa da Floresta Ombrófila Mista Montana. No litoral, foi selecionada uma área sem indícios aparentes de ação antrópica recente pertencente ao domínio fitogeográfico da Floresta Ombrófila Densa SubMontana. Em Ambas as áreas, eventos de precipitação são abundantes e regularmente distribuídos ao longo do ano. No planalto as temperaturas médias são mais baixas e os invernos rigorosos, enquanto que no litoral as temperaturas são mais constantes durante todo o ano. O crescimento em circunferência do caule dos indivíduos foi acompanhado através da leitura mensal de faixas dendrométricas, juntamente com a observação da fenologia vegetativa e coleta de amostras do tecido cambial do caule. Para a análise das séries temporais de largura dos anéis de crescimento foram utilizadas técnicas dendrocronológicas. Os resultados indicam que em áreas de clima pouco sazonal, a fenologia de *C. fissilis* é controlada mais fortemente pelas variações no fotoperíodo, sofrendo também grande influência da temperatura, principalmente em áreas que exibem temperaturas mais brandas durante o ano. A periodicidade do crescimento em circunferência do tronco é controlada pela fenologia, sendo o ritmo dependente de recursos e condições disponíveis, principalmente quando a competição por luz não apresenta forte influência. Na área do litoral, onde os indivíduos encontram-se em uma floresta madura e bem estruturada, observou-se que a competição, principalmente por luz, pode ser um fator limitante ao crescimento das árvores de *C. fissilis*, já que os indivíduos não apresentaram fortes correlações no incremento mensal em circunferência do caule com a precipitação e temperatura. A espécie apresenta formação de anéis de crescimento anuais, sendo observada a formação de flutuações anatômicas não anuais. Essas flutuações foram observadas em maior presença nas séries temporais analisadas dos indivíduos da área do litoral, sendo a isso atribuído, entre outros, o fator competição. Na área do planalto, onde os indivíduos apresentaram condições mais semelhantes de crescimento, as séries temporais puderam ser datadas com acurácia e sinais climáticos puderam ser observados.

Palavras-chave: *Cedrela fissilis*, Dendrocronologia, Floresta Atlântica, Atividade Cambial, Fenologia.

ABSTRACT

This paper gives an evaluation of the rhythmicity and periodicity of the growth in circumference of the stem, events of vegetative phenology and the time series of growth rings of *Cedrela fissilis* Vell. in different phytogeographic units in the State of Paraná, Brasil. The study areas are under the dominion of the subtropical Atlantic Forest, one located in the first plateau of the State and the other in the coastline portion. To represent the area of the plateau, two forest fragments were selected, both covered by secondary Montane Mixed Forest in regeneration. On the coast, was selected an area with no evidence of human activity belonging to the phytogeographic area of lowland Rain Forest. Both areas have low seasonal climate, precipitation events are abundant and well distributed throughout the year. On the plateau the mean temperatures are lower, presenting severe winters, while in the coast the temperatures are more constant throughout the year, with no severe winters. The increase in circumference of the stem of the individuals was monitored by monthly reading the dendrometer bands, together with vegetative phenology observation and cambial tissue samplings. In order to analyze the time series of growth rings, standard Dendrochronology techniques were used. The results indicate that in areas of low seasonal climate, phenology of *C. fissilis* is strongly controlled by changes in the photoperiod, suffering also influenced by temperature, particularly in areas which exhibit milder temperatures during the year. The periodicity of growth in circumference is driven by phenology, and the rhythm depends on the available resources and conditions, especially when competition for light has no strong influence. In the coastal area, where individuals are in a mature and well structured forest, it was observed that the competition, mainly for light, can be a limiting factor for tree growth of *C. fissilis*, since individuals did not show strong correlations in monthly increase in circumference of the stem with the precipitation and temperature. The species shows annual growth rings formation and was observed the formation non annual anatomical fluctuations. These fluctuations were observed mostly in the individuals of the coastal area, being assigned to it the competition besides other factors. In the area of the plateau, where most individuals had similar growth conditions, the time series were accurately dated and climate signals were found.

Key-words: *Cedrela fissilis*, Dendrochronology, Atlantic forest, Cambial activity, Phenology.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
ÁREAS DE ESTUDO	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
FENOLOGIA VEGETATIVA, PERIODICIDADE E RITMO DE CRESCIMENTO EM CIRCUNFERÊNCIA DO TRONCO DE <i>Cedrela fissilis</i> VELL. EM DIFERENTES GRADIENTES ALTITUDINAIS EM REMANESCENTES DA FLORESTA ATLÂNTICA NO ESTADO DO PARANÁ, SUL DO BRASIL	22
INTRODUÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODOS	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS.....	37
SINAIS CLIMÁTICO DAS SÉRIES TEMPORAIS DE LARGURAS DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DE <i>Cedrela fissilis</i> Vell. EM DIFERENTES TIPOLOGIAS DE FLORESTAS OMBRÓFILAS DO SUL DO BRASIL	40
INTRODUÇÃO	40
MATERIAL E MÉTODOS.....	42
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS.....	48
CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
ANEXO 01 – VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS DOS INDIVÍDUOS DE <i>Cedrela fissilis</i>	52
ANEXO 02 – NORMAS DA REVISTA FLORESTA UFPR.	53

INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica é definida como um complexo de ecossistemas de enorme importância ecológica e social. É considerado Patrimônio Nacional pela Constituição Federal de 1988 com algumas de suas porções reconhecidas como Patrimônio Mundial pela ONU. Além disso, é um dos 34 *hotspots* mundiais de excepcional biodiversidade e endemismo (MITTERMEIER *et al.*, 2004). Originalmente distribuída em áreas de 17 Estados brasileiros (e.g.: PI, CE, RN, PE, PB, SE, AL, BA, ES, MG, GO, RJ, MS, SP, PR, SC e RS) e com uma superfície correspondente à 15% do território nacional, essa área de “riqueza fácil” subsidiou grande parte do desenvolvimento do país. Iniciando pela exploração do pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), além de outras espécies madeiráveis de valor comercial, passando pelos ciclos do ouro, da cana-de-açúcar, do café, do cacau, da pecuária e, por fim, o processo de industrialização, com conseqüente urbanização, tendo as principais cidades e metrópoles brasileiras assentadas na área originalmente ocupada pela floresta (DEAN, 1995). Como conseqüência, restam apenas 7,84% de sua magnitude original, sendo o *hotspot* mais devastado e, também, o mais ameaçado de perda de biodiversidade (GALINDO-LEAL; CÂMARA, 2003).

Apesar de esforços, principalmente nos últimos 40 anos, no estabelecimento de áreas de proteção, a Floresta Atlântica sofre com a explosão dos centros urbanos e da fronteira agrícola. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2005), o domínio da floresta abriga mais 112 milhões de habitantes, o que corresponde a 58% da população do Brasil. Políticas governamentais têm sido responsáveis pela diminuição dos remanescentes florestais através de subsídios favoráveis à expansão da agricultura que, por sua vez, produz grandes conseqüências ecológicas e socioeconômicas.

Alguns estudos científicos demonstram que, a despeito da enorme redução da amplitude de seu território, poucas espécies da Floresta Atlântica se extinguíram (PINTO; BRITO, 2003; TABARELLI *et al.*, 2003). Isso indica que ainda existe chance para o desenvolvimento de ações conservacionistas estratégicas, econômica e ambientalmente sustentáveis. No entanto, essas ações devem ser baseadas no

conhecimento científico sobre a diversidade de ambientes desse Bioma e a ecologia de suas espécies.

A diversidade de ambientes e, por consequência, a grande biodiversidade e o alto grau de endemismo da Floresta Atlântica podem ser atribuídas a três principais fatores: a) a latitude, mais de 27 graus de extensão de norte a sul, b) a altitude, com variações altitudinais que oscilam desde o nível do mar até 2.700 m; e c) longitude, já que as florestas do interior diferem em muito das do litoral (RIZZINI, 1979). Considerando essas variações de ambientes, diversificadas condições ecológicas são estabelecidas entre os domínios morfoclimáticos e fitogeográficos da floresta (FERNANDES, 2006), podendo resultar na adaptação do metabolismo dos indivíduos, tanto em um nível mais abrangente, de acordo com uma região específica, ou em um nível mais restrito, espécie e o estágio de desenvolvimento (LARCHER, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2002). É de conhecimento que, sob a influência de diferentes condições ambientais, plantas de uma mesma espécie podem desenvolver diferentes estratégias anatômicas e fisiológicas permitindo-lhes sua adequação ao meio físico e possibilitando uma ampla distribuição ecológica (SCHLICHTING, 1986; BRADSHAW, 1965). Portanto, para uma melhor compreensão dessas peculiaridades, necessidades e situação atual desse bioma, torna-se imprescindível conhecer o comportamento das espécies frente às características ambientais regionais, bem como seu desenvolvimento ao longo do tempo.

Nesse sentido, as árvores como seres vivos sésseis e longevos registram em sua anatomia diversas informações referentes à variação dos fenômenos ecológicos em função do tempo. Schweingruber (2007) demonstra que a datação das estruturas anatômicas da madeira fornece a chave para a reconstrução das condições ambientais passadas, possibilitando compará-las com as do presente, a compreensão da dinâmica dos processos fisiológicos das árvores e a compreensão da dinâmica das comunidades vegetais.

Como ferramenta fundamental de datação das estruturas anatômicas, baseada nos anéis de crescimentos, tem-se a Dendrocronologia, ciência amplamente utilizada em climas temperados, sendo aplicada na Ecologia, Climatologia, Geologia, Antropologia, entre outras áreas correlatas (SCHWEINGRUBER, 1987). Mesmo diante do grande número de informações que podem ser extraídas através do uso de procedimentos dendrocronológicos, a sua

aplicação é, comparativamente, pouco utilizada no contexto de espécies arbóreas ocorrendo em regiões tropicais e subtropicais. A isto, deve-se o fato que para a aplicação de análises dendrocronológicas faz-se necessário a utilização de plantas com formação de anéis de crescimento com periodicidade anual de formação conhecida. Apesar dos avanços nessa área do conhecimento em regiões tropicais e subtropicais (VETTER; BOTOSSO, 1989; WORBES, 1989, WORBES, 1999), a existência de anéis de crescimento comprovadamente anuais nos trópicos ainda é, no entanto, discutida de forma bastante controversa. Uma das razões mais importantes para a baixa aceitação científica do crescimento sazonal das árvores nos trópicos é a visão da pesquisa em Dendrocronologia e Ecofisiologia sobre as condições nas zonas temperadas. Neste caso, segundo Worbes (2002), o fator limitante para o crescimento da árvore é a temperatura, enquanto que esta é quase constante nos trópicos. Para Roig (2000), uma combinação de vários elementos pode ter contribuído para que os estudos de anéis de crescimento nos trópicos não tenham tido um desenvolvimento similar ao alcançado nas regiões extratropicais. Entre outros, a escassez de espécies com anéis de crescimento anatomicamente distinguíveis (ECKSTEIN *et al.*, 1981), a existência de árvores pouco longevas (WORBES, 1999) ou com uma alta taxa de decomposição da madeira morta (BULTMAN; SOUTHWELL, 1976), são fatores que têm dificultado o seu avanço ou simplesmente não tem estimulado a aplicação generalizada de técnicas dendrocronológicas em espécies tropicais.

Por muito tempo, houve consenso entre muitos pesquisadores que devido à baixa sazonalidade climática dos ecossistemas tropicais e subtropicais, em comparação às regiões temperadas, a atividade cambial das árvores mantinha-se constante durante todo o ano, tornando-se impraticável a análise dos anéis de crescimento pela ausência de estação indutora de dormência e/ou de redução dos processos fisiológicos (BOTOSSO; TOMAZELLO-FILHO, 2001), sendo os anéis de crescimento das essências florestais atribuídos a ciclos endógenos específicos (SCHWEINGRUBER, 1996). Contudo, algumas pesquisas demonstram a formação de anéis de crescimento anuais em várias espécies ocorrentes nessas regiões. Estudos em regiões subtropicais como os de Jacoby (1989), Villalba *et al.* (1998), Yáñez-Espinosa *et al.* (2006), Morales *et al.* (2004) e Venugopal e Liangkunwang (2007) atribuem às variações estacionais de temperatura e do fotoperíodo como as principais determinantes da sazonalidade cambial, culminando na formação de anéis

de crescimento anuais em determinadas espécies. Na Floresta Atlântica, pesquisas que versam sobre a ocorrência e periodicidade da formação de anéis de crescimento abrangem diferentes tipologias do bioma como: Floresta Ombrófila Densa (CALLADO *et al.*, 2001), Floresta Estacional Semidecidual (TOMAZELLO-FILHO *et al.*, 2004; LISI *et al.*, 2008), Floresta Estacional Decidual (BONINSEGNA *et al.*, 1989) e Floresta Ombrófila Mista (SEITZ; KANNINEM, 1989; OLIVEIRA *et al.*, 2007; DUNISH, 2005). Apesar de ainda incipientes, desses estudos podem ser identificados vários fatores indutores da diminuição da atividade cambial, tais como a temperatura, a precipitação, as inundações, o fotoperíodo, os ritmos endógenos e até mesmo requisitos reprodutivos. Fica evidente a grande complexidade ecológica envolvida no ritmo de crescimento das árvores desses ambientes. Entretanto, tais pesquisas reafirmam a possibilidade, assim como é feito há longa data com espécies arbóreas em regiões temperadas, de aplicação de técnicas dendrocronológicas na tentativa de compreender a autoecologia das árvores, a dinâmica das florestas e as relações entre clima e o crescimento vegetal (ROZENDAALL; ZUIDEMA, 2011). Os resultados dessas pesquisas vêm ao encontro com a urgência na obtenção de informações necessárias que permitam orientar a correta implementação de planos de manejo e conservação e na avaliação de eventuais impactos decorrentes das mudanças climáticas nesse ameaçado bioma.

O presente trabalho de pesquisa está estruturado em dois capítulos. O primeiro capítulo abordará o acompanhamento das observações fenológicas e da atividade cambial de indivíduos adultos de *Cedrela fissilis* Vell., em duas áreas de domínio da Floresta Atlântica. Além de verificar o caráter de formação anual ou não dos anéis de crescimento, procurar-se-á determinar o padrão e ritmo de crescimento diametral do tronco da espécie nas determinadas áreas de estudo, buscando correlacionar o crescimento e a fenologia da espécie nessas distintas condições climáticas e altitudinais. No segundo capítulo, submetido à revista Floresta – UFPR, será apresentado o estudo de séries radiais temporais de anéis de crescimento de *C. fissilis*, buscando-se reconhecer evidências de sinais climáticos presentes nas cronologias desenvolvidas.

ÁREAS DE ESTUDO

Os trabalhos abordando o crescimento radial, fenologia e anéis de crescimento foram desenvolvidos em diferentes unidades fisiográficas do Estado do Paraná, a saber: Planície Litorânea e Primeiro Planalto. Essas duas unidades são divididas por uma zona de serra que acompanha a grande escarpa de falha do complexo cristalino. Esta escarpa, repartida por falhas transversais em blocos elevados e rebaixados, em certos pontos forma serras isoladas, as quais se elevam consideravelmente sobre o nível geral do interior como serras marginais do complexo cristalino. A cadeia da Serra é denominada “serra do Mar” (MAACK, 1981). Na área de abrangência desse estudo, a área da planície litorânea, aqui chamada de Litoral Paranaense, é composta por vegetação classificada como Floresta Ombrófila Densa Submontana. Na área do Primeiro Planalto “Planalto Paranaense”, encontra-se o domínio da Floresta com Araucária, a Floresta Ombrófila Mista Montana. A localização espacial das áreas pode ser observada na Figura 1.

LITORAL PARANAENSE

Em condições de Floresta Ombrófila Densa Submontana foram selecionados indivíduos localizados na Reserva Natural do Rio Cachoeira, área pertencente à Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS). A Reserva conta com uma área total de 8600 ha situada no município de Antonina, litoral norte do estado do Paraná e compreendida dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba. Segundo Köeppen, o clima da região é subtropical úmido mesotérmico (Cfa) sem estação seca definida e sempre úmido. Dados climáticos médios (FIGURA 2) compreendendo um período de 21 anos (de 1978 a 1999) demonstram valores médios de precipitação anual da ordem de 2778 mm e temperatura de 21,4 °C (IAPAR, 2011).

Na reserva (FIGURA 3-A) são encontradas, pelo menos, três diferentes formações da Floresta Ombrófila Densa: Aluvial, de Terras Baixas e Submontana, apresentando variados graus de perturbação. As árvores selecionadas encontram-se

em parcelas permanentes, com vegetação pertencente à formação Submontana da Floresta Ombrófila Densa em altitude aproximada de 300 m a.n.m. Os indivíduos estão distribuídos em dois estágios sucessionais da Floresta, classificados por Borgo (2010) em Estágio avançado e Floresta Madura. Os dois estágios apresentam características muito semelhantes, diferindo apenas na riqueza de espécies e na altura máximas dos indivíduos. Como espécies arbóreas representativas para a área podemos citar e.g. *Ocotea catharinensis* Mez (Lauraceae), *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg. (Euphorbiaceae), *Hyeronima alchorneoides* Allemão (Phyllanthaceae), e *Sloanea guianensis* (Aubl.) Benth (Elaeocarpaceae), etc (Observações pessoais).

PRIMEIRO PLANALTO PARANAENSE

Em condições de Floresta Ombrófila Mista Montana foram utilizadas duas áreas atualmente protegidas e localizadas em área urbana da cidade de Curitiba, Paraná, com altitude média de 945m a.n.m (FIGURA 1). O domínio fitogeográfico das áreas é o da Floresta Ombrófila Mista Montana (Floresta com Araucária). Os bosques são remanescentes florestais de Floresta com Araucária reduzida gradativamente pelo processo de ocupação urbana decorrente do acelerado crescimento populacional da capital do Estado. Ambos os fragmentos apresentam estrutura semelhante, com floresta que pode ser dividida nos estratos arbóreo superior, arbóreo inferior e arbustivo-herbáceo, sendo comuns no estrato superior dessas formações a ocorrência de espécies, como: *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), *Ocotea puberula* (Rich.) Nees (Lauraceae), *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae), *Schinus terebinthifolius* (Raddi) (Anacardiaceae), *Cupania vernalis* Cambess. (Sapindaceae), *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae), entre outras (Observações pessoais). A densidade dos indivíduos de *C. fissilis* é alta, sendo encontrados frequentemente indivíduos nas proximidades de trilhas, bordas e interior dos bosques. O bosque do Jardim Botânico (FIGURA 3-B) está localizado no interior das dependências do Jardim Botânico Municipal, com área aproximada de 6,6 ha. Originalmente o bosque era aberto para o passeio público, entretanto, desde 2006 está fechado, sendo a entrada permitida apenas para pesquisas de cunho científico. O Bosque da Copel (FIGURA 3-C) está situado no bairro Bigorrrilho, com

aproximadamente 5 ha e mantido sob proteção pela Copel (Companhia Paranaense de Energia) desde 1976.

A região de Curitiba encontra-se sob o clima subtropical úmido mesotérmico de verões frescos, inverno com geadas frequentes e sem estação seca, portanto é tipo Cfb na classificação de Koppen. Dados climáticos médios (FIGURA 2), para um período de 27 anos, mostram precipitação média anual de 1498 mm e temperatura média de 17.3 °C (IAPAR, 2011).

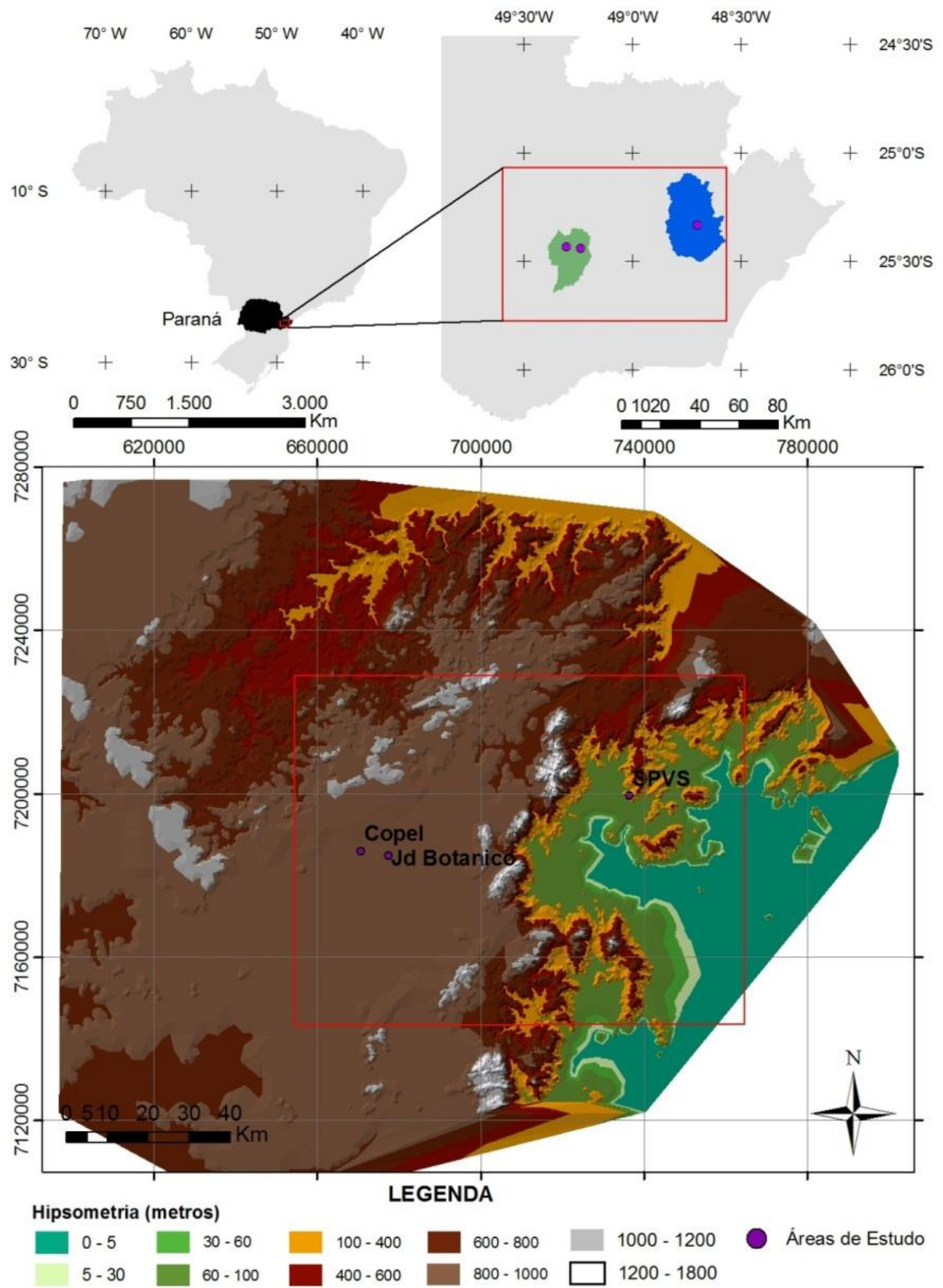


FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO NOS MUNICÍPIOS DE ANTONINA (SPVS) E REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA (COPEL, JD BOTANICO), PARANÁ, COM A HIPSOMETRIA DAS RESPECTIVAS ÁREAS.

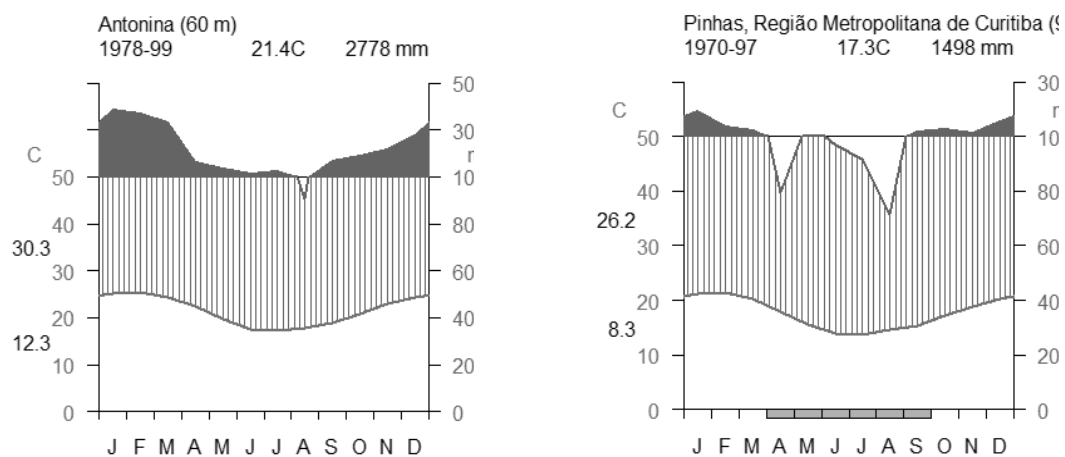


FIGURA 2: DIAGRAMAS CLIMÁTICOS DAS REGIÕES DE ANTONINA e PINHAIS (REPRESENTANDO A REGIAO METROPOLITANA DE CURITIBA), ELABORADOS SEGUNDO WALTER E LIETH (1967).

FONTE: MODIFICADO DE IAPAR (2011).



FIGURA 3: ÁREAS DE ESTUDO. A – FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA NA RESERVA NATURAL DO RIO CACHOEIRA, ANTONINA: ASPECTO INTERNO DA FLORESTA. B – FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA NO JARDIM BOTÂNICO, CURITIBA: ASPECTO INTERNO. C – FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA NO BOSQUE DA COPEL, CURITIBA: ASPECTO EXTERNO DA COBERTURA VEGETAL. FONTE: O autor (2011).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONINSEGNA, J. A. *et al.* Studies on tree rings, growth rates and age-size relationships of tropical tree species in Misiones, Argentina. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n. 2, p. 161-169, 1989.

BORGO, M. **A Floresta Atlântica do litoral norte do Paraná, Brasil: aspectos florísticos, estruturais e estoque de biomassa ao longo do processo sucessional**. 2010. 165 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2010.

BOTOSSO, P. C.; TOMAZELLO-FILHO, M. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e ritmo de crescimento do tronco das árvores tropicais e subtropicais. In: MAIA, N. B. *et al.* **Indicadores Ambientais: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: EDUC, 2001. p. 145-171.

BRADSHAW, A. D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. In: CASPARY, E. M.; THODAY, J. M. **Advances in genetics**. New York: Academic Press, 1965. p. 115-155.

BULTMAN, J. D.; SOUTHWELL, C. R. Natural resistance of tropical american woods to terrestrial wood-destroying organisms. **Biotropica**, Lawrence, v. 8, n. 2, p. 71-95, 1976.

CALLADO C. H. *et al.* Anatomical features of growth rings in flood-prone trees of Atlantic rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **IAWA Journal**, Leiden, v. 22, n. 1, p. 29-42, 2001.

DEAN, W. With Broadax and Firebrand: **The destruction of the Brazilian Atlantic Forest**. London: University of Chicago Press, 1995.

DÜNISCH, O. Influence of the El - Niño southern oscillation on cambial growth of *Cedrela fissilis* Vell. In tropical and subtropical Brazil. **Journal of applied botany and food quality**, Hamburg, v. 79, n. 1, p. 5-11, 2005.

ECKSTEIN, D. *et al.* Age and growth rate determination in tropical trees: the application of dendrochronological methods. **Yale School Forestry & Environmental Studies Bull**, New Haven, v. 94, n. 1, p. 83-106, 1981.

FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira: províncias florísticas**. Fortaleza: Realce, 2006.

GALINDO-LEAL, C. G.; CÂMARA, I. D. G. **The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook**. Washington: Island Press, 2003.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal digital do Brasil: situação em 2005**. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências (IBGE/DGC), 2005. Escalas 1/500000, 1/1000000 e 1/2500000.

JACOBY, G. C. Overview of tree-ring analysis in tropical regions. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n. 2, p. 99-108, 1989.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000.

LISI, C. S. *et al.* Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in Southeast Brazil. **IAWA Journal**, Leiden, v. 29, n. 2, p. 189-207, 2008.

MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio, 1981.

MORALES M. S. *et al.* Rainfall-controlled tree growth in high-elevation subtropical treelines. *Ecology*, New York, v. 85, n. 11, p. 30-80, 2004.

OLIVEIRA, J. M.; *et al.* Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. *Trees*, Heidelberg, v. 23, n. 1, p. 107-115, 2007.

PINTO, L. P.; BRITO, M. C. W. Dynamics of biodiversity loss in the Brazilian Atlantic Forest: An introduction. In: GALINDO-LEAL, C. G.; CÂMARA, I. D. G. **The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook**. Washington: Island Press, 2003. p. 27-30.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1979.

ROIG, F. A. Dendrocronología en los bosques del neotrópico: revisión y prospección futura. In: _____. **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 307-355.

ROZENDAALL, D. M. A.; ZUIDEMA, P. A. Dendroecology in the tropics: a review. **Trees**, Heidelberg, v. 25, n. 1, 2011, p. 3-16, 2011.

SCHAFFER W. B.; PROCHNOW M. **A Mata Atlântica e você: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira**. Brasília: APREMAVI, 2002.

SCHLICHTING C. D. The evolution phenotypic plasticity in plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 17, n.1, p. 667-693, 1986.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree Rings: Basics and Applications of Dendrochronology**. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1987.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree rings and Environment: Dendroecology**. Berne: Hall Haupt Publishers, 1996.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Wood structure and environment**. Berlin e Heideberg: Springer Verlag, 2007.

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

TABARELLI, M; PINTO, L. P; SILVA, J. M. C; COSTA, C. M. R.. Endangered species and conservation planning. In: GALINDO-LEAL, C. G.; CÂMARA, I. D. G. **The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook**. Washington: Island Press, 2003. p. 86-132.

TAIZ. L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Sunderland: Sinauer, 2002.

TOMAZELLO-FILHO, M. *et al.* Anatomical features of increment zones in different tree species in the State of São Paulo, Brazil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba. n. 66, p. 46-55, 2004.

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 on northeast India. **Trees**, Heidelberg, v. 21, n. 1, p. 101-110, 2007.

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

VILLAUBA, R. *et al.* Tree-ring evidence for long term precipitation changes in subtropical South America. **International Journal of Climatology**, Chichester, v. 18, n.1, p. 1463-1478, 1998.

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

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

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

YÁÑEZ-ESPINOSA L.; *et al.* Integrate analysis of tropical trees growth: a multivariate approach. **Annals of Botany**, Oxford, v. 98, n. 3, p. 637-645, 2006.

FENOLOGIA VEGETATIVA, PERIODICIDADE E RITMO DE CRESCIMENTO EM CIRCUNFERÊNCIA DO TRONCO DE *Cedrela fissilis* VELL. EM DIFERENTES GRADIENTES ALTITUDINAIS EM REMANESCENTES DA FLORESTA ATLÂNTICA NO ESTADO DO PARANÁ, SUL DO BRASIL

Resumo

Nesse estudo foram acompanhados os eventos fenológicos, o incremento em circunferência do tronco e a atividade cambial da espécie *Cedrela fissilis* em diferentes tipologias de Floresta Ombrófila no estado do Paraná, sul do Brasil. A fenologia foi observada mensalmente, através do método de índice de atividade concomitantemente à leitura *Cedrela fissilis* de incremento em circunferência do tronco através de dendrômetros permanentes e coleta de amostras de câmbio. A fenologia dessa espécie, para as áreas estudadas, parece ser influenciada mais fortemente pelo fotoperíodo e temperatura do que pela precipitação. O incremento em circunferência é sazonal, inicia-se após a expansão total do limbo das folhas e é interrompido ou fortemente reduzido quando as folhas estão em senescência adiantada e/ou com desfolha total. A espécie apresenta formação de anéis anuais de crescimento, sendo observadas, no entanto, flutuações anatômicas, provavelmente não anuais. Os resultados indicam que o crescimento em circunferência do tronco é controlado pela fenologia, pelas condições climáticas (temperatura e precipitação), além de outros fatores. É atribuída a hipótese da competição, por luz principalmente, para explicar alguns eventos observados.

Palavras-chave: *Cedrela fissilis*, fenologia, dendrômetros, atividade cambial

INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica, bioma brasileiro considerado como um dos 34 núcleos de excepcional biodiversidade e endemismo, *hotspots* (CONSERVATION INTERNATIONAL, 2007), está distribuído ao longo da costa brasileira apresentando amplitude latitudinal superior a 27 graus e com grandes variações altitudinais. Em toda sua extensão, esse bioma exibe diversificadas fitofisionomias propiciadas por uma variedade de ecossistemas interligados, cada qual com suas peculiaridades, que acompanham as características climáticas regionais (RIZZINI, 1979). No sul do Brasil, particularmente no estado do Paraná, esse bioma apresenta fitogeografia bastante diversificada, caracterizada por um nítido gradiente de tipos de ecossistemas relacionados ao mesoclima. Na planície costeira, encostas da serra do

Mar e no planalto meridional encontra-se exuberante floresta perene adaptada às condições de temperatura elevada e precipitação abundante e regular, classificada como Floresta Ombrófila Densa. Nas áreas de maior altitude, principalmente nas regiões oriental e central do planalto, ocorre a Floresta Ombrófila Mista, caracterizada por elementos austral-antárticos, adaptados à baixa temperatura e precipitação abundante e regular. Essa gama de situações climáticas e ecológicas cria uma enorme variação espacial e temporal na distribuição de recursos e de condições essenciais ao crescimento das plantas (e.g. água, nutrientes, luz, temperatura, etc.) influenciando, diretamente, nos processos fisiológicos das árvores (fenologia, crescimento radial, outros).

Os estudos fenológicos em regiões tropicais e subtropicais têm contribuído de forma expressiva para o entendimento das estratégias de crescimento de espécies arbóreas, possibilitando avaliar alterações no ritmo da atividade cambial dos indivíduos (JACOBY, 1989). Os estudos conduzidos por Jacoby (1989) e Roig (2000) demonstram nítidas relações entre as fenofases (produção e queda de folhas, floração, frutificação) com variáveis climáticas e com a atividade cambial de espécies tropicais. Árvores tropicais mostram uma tendência de padrões fenológicos temporais relacionados com estações secas bem definidas, geralmente apresentando meses com precipitações inferiores a 60 mm (MORELLATO *et al.*, 1989; van SCHAIK *et al.*, 1993). Essa tendência pode ser relacionada ao fato de que os estudos fenológicos em regiões neotropicais tem sido conduzidos, na maioria das vezes, em florestas estacionais que apresentam variação anual na precipitação e temperatura. Entretanto, Hilty (1980) observou sazonalidades fenológicas em área de clima pouco sazonal, sugerindo que outros fatores climáticos são importantes na determinação dos ritmos fenológicos de regiões tropicais. Wright e van Schaik (1994) apresentaram algumas evidências que a luz é um importante fator regulador da fenologia de plantas tropicais. Em seu estudo os autores atribuem o fotoperíodo como fator responsável pelo comportamento sazonal da fenologia de algumas plantas frente ao clima pouco sazonal da região. Na floresta Atlântica, estudando três áreas de baixa sazonalidade climática do sudeste do Brasil, Morellato *et al.* (2000) também encontraram correlações positivas entre fenologia, fotoperíodo e crescimento radial. Também em áreas da Floresta Atlântica no litoral paranaense, Cardoso (2009) encontrou correlações entre o comprimento do dia e temperatura com a fenologia das espécies analisadas. Os autores, entretanto, também apontam

que as características do solo podem alterar os processos fenológicos das espécies e, conseqüentemente, o crescimento das espécies. Já Callado *et al.* (2001) correlacionaram a periodicidade de crescimento radial das espécies com a fenologia, temperatura, precipitação, fotoperíodo, regime de inundação e ritmos endógenos.

Apesar de fragmentados, os estudos sobre fenologia e incremento em circunferência de espécies tropicais e subtropicais, mais especificamente do domínio da Floresta Atlântica, têm demonstrado a alta complexidade de estratégias desenvolvidas pelas plantas dentro desses ambientes.

O presente estudo objetivou-se caracterizar os eventos de comportamento fenológico e de crescimento do tronco de *Cedrela fissilis* Vell em condições ambientais disjuntas de Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista no estado do Paraná, Brasil, procurando-se correlacionar os eventos com fatores climáticos e verificar a formação do anel de crescimento desta espécie nessas condições.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foram avaliadas 24 árvores da espécie *Cedrela fissilis*, sendo 07 pertencentes à formação de Floresta Ombrófila Densa Sub Montana (FODSM) e 17 de Floresta Ombrófila Mista Montana (FOMM) do estado do Paraná, Brasil (FIGURA 1). Procurou-se selecionar indivíduos adultos representativos destas distintas formações vegetacionais e, aparentemente, em boas condições fitossanitárias e de formação do tronco e copa.

ÁREAS DE ESTUDO

Litoral paranaense

Os indivíduos localizam-se em área pertencente à SPVS (Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental), localizada no município de Antonina, Paraná e inserida no domínio da Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba (FIGURA 1). As árvores foram selecionadas em áreas remanescentes de floresta sem indícios e/ou histórico de ação antrópica recente em domínio fitogeográfico da Floresta Ombrófila Densa Sub Montana. Os indivíduos estão localizados em uma parcela permanente situada na altitude de 300 m a.n.m. Segundo Köeppen, o clima da região é subtropical úmido mesotérmico (Cfa) sem estação seca definida e sempre úmido. Dados climáticos médios (FIGURA 2) para um período de 21 anos (de 1978 a 1999) mostram uma precipitação média anual de 2778mm e temperatura média de 21,4°C (IAPAR, 2011).

Primeiro planalto paranaense

Para representar essa região foram utilizadas duas áreas atualmente protegidas e localizadas no perímetro urbano da cidade de Curitiba, Paraná, com altitude média de 945 m a.n.m (FIGURA 1). O domínio fitogeográfico das áreas é a Floresta Ombrófila Mista Montana (Floresta com Araucária).

Bosque da Copel: situado no bairro Bigorriho, com aproximadamente 05 ha, coberto por vegetação secundária em estágio avançado de regeneração e mantido sob proteção pela Copel desde 1976. O bosque é o que restou de uma grande extensão de mata de araucária que foi reduzida pelo processo de urbanização e crescimento da cidade. Foram selecionados 09 indivíduos dessa localidade.

Bosque do Jardim Botânico Municipal: localizado no interior das dependências do Jardim Botânico, com aproximadamente 07 ha e fechado desde

2006 para entrada de pedestres. Foram selecionados 8 indivíduos dessa área que é composta por vegetação nativa em regeneração.

A região de Curitiba encontra-se sob o clima subtropical úmido mesotérmico de verões frescos, inverno com geadas frequentes e sem estação seca, portanto é tipo Cfb na classificação de Köppen. Dados climáticos médios (FIGURA 2), para um período de 27 anos, mostram precipitação anual de 1498 mm e temperatura média de 17,3°C (IAPAR, 2011).

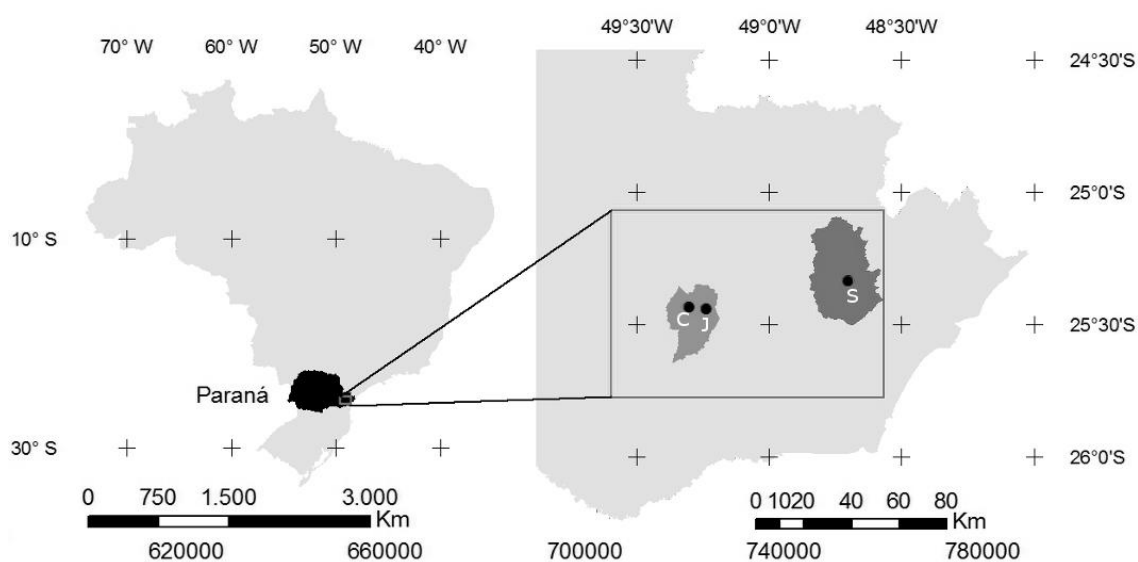


FIGURA 1 - LOCALIZAÇÕES DAS ÁREAS DE ESTUDO NOS MUNICÍPIOS DE CURITIBA (C, J) E ANTONINA (S), PARANÁ, BRASIL.

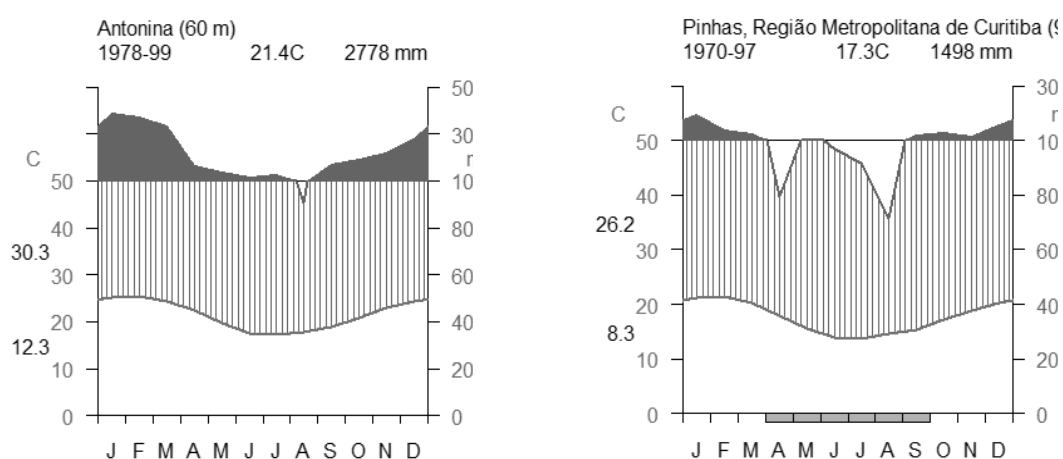


FIGURA 2: DIAGRAMAS CLIMÁTICOS DAS REGIÕES DE ANTONINA e PINHAIS (REPRESENTANDO A REGIAO METROPOLITANA DE CURITIBA), ELABORADOS SEGUNDO WALTER E LIETH (1967). FONTE: MODIFICADO DE IAPAR (2011).

FENOLOGIA

Observações fenológicas das árvores foram feitas mensalmente através do método de índice de atividade, levando-se em consideração as seguintes fenofases vegetativas (estádios): (i) brotamento, (ii) folhas maduras, (iii) folhas em senescência e (iv) desfolha total. Esse método leva em consideração somente a presença ou ausência da fenofase no indivíduo, indicando a porcentagem de indivíduos da população que está manifestando determinado evento fenológico, não estimando intensidade ou quantidade (BENCKE; MORELLATO, 2002).

A sincronia dos eventos fenológicos foi estimada utilizando-se do índice de sincronia da população (Z), proposto por Augspurger (1983), que é expresso por:

$$Z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

em que: n = número de indivíduos na população; x_i = sincronia do indivíduo i com seus co-específicos.

O índice de sincronia individual (x_i) é expresso por:

$$X_i = \left(\frac{1}{n-1} \right) \times \left(\frac{1}{f_1} \right) \times \sum_{j=1}^n e_{j \neq 1}$$

Em que: e_j = número de meses que os indivíduos i e j estão na mesma fenofase; f_i = número de meses em que o indivíduo i está na fenofase; n = número de indivíduos na população.

Quando $X = 1$, ocorre sincronia perfeita; Quando $X = 0$, não existe sincronia no evento.

INCREMENTO EM CIRCUNFERÊNCIA DO TRONCO E ATIVIDADE CAMBIAL

Para o acompanhamento da periodicidade e taxa de crescimento das espécies selecionadas, foi empregado o método denominado “dinâmico”, segundo FAHN *et al.* (1981). O incremento em circunferência do tronco dos indivíduos selecionados foi avaliado mensalmente, por um período de 13 meses, com uso de faixas dendrométricas permanentes (dendrômetros) em aço inoxidável com 0.2 mm de precisão na leitura, instaladas à altura do peito (DAP ~ 1,30 m do nível do solo). A leitura das faixas dendrométricas foi realizada concomitantemente à realização de observações fenológicas. Relações entre crescimento e com as médias históricas mensais de temperatura e precipitação foram avaliadas por meio de correlações lineares de Pearson (ZAR, 2010). Dados climáticos dos municípios de Pinhais (região metropolitana de Curitiba), representando a região de Curitiba (primeiro planalto) e de Antonina (litoral) considerados nestas análises, foram cedidos pelo SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná.

Paralelamente ao acompanhamento do incremento em circunferência do tronco com auxílio de faixas dendrométricas e, visando reconhecer os períodos de atividade e/ou de cessação de crescimento foram coletadas bimensalmente amostras de madeira contendo porções do floema, câmbio vascular e xilema secundário em dois indivíduos por formação florestal de interesse. As amostras foram fixadas em FAA, desidratadas em série etílica, incluídas em historesina (LEICA Historesin) e seccionadas em micrótomo rotativo. Os cortes foram corados com azul de toluidina (O’Brien, 1968) e observados sob microscopia óptica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

FENOLOGIA

A TABELA 1 apresenta o resultado dos índices de sincronia (Z) para as duas regiões e, para efeito de discussão, foi considerada uma abordagem comparativa

englobando tanto os indivíduos do planalto como do litoral. Na comparação das duas áreas utilizou-se o mesmo número de indivíduos, de maneira a evitar a supervalorização de uma área. Tendo em vista que a fenologia dos indivíduos do planalto é altamente sincrônica (TABELA 1), optou-se por utilizar sete indivíduos do Jardim Botânico para representar o planalto. Indivíduos de uma mesma área apresentam altos índices de sincronia, enquanto que os menores valores do índice são encontrados quando comparados os indivíduos do planalto e do litoral, principalmente na senescência das folhas e no período decíduo dos indivíduos, fenofases III e IV, respectivamente.

TABELA 1 – ÍNDICE DE SINCRONIA Z DAS POPULAÇÕES. I, BROTAÇÃO; II, FOLHAS MADURAS; III FOLHAS EM SENESCÊNCIA; IV PERÍODO SEM FOLHAS.

Área	Fenofases			
	I	II	III	IV
Planalto	0.96	0.95	0.96	0.93
Litoral	0.96	0.87	0.67	0.93
Planalto e Litoral	0.96	0.77	0.59	0.62

No início das observações, em julho de 2010, todos os indivíduos de ambas as áreas apresentavam-se completamente destituídos de folhas. No planalto e no litoral o brotamento teve início no mês de setembro, estendendo-se até outubro e em novembro todas as folhas já apresentavam expansão total do limbo (FIGURA 1). O evento da brotação concentra-se na transição dos meses de menor precipitação para àqueles com maiores índices de precipitação e esse comportamento tem sido evidenciado para *Cedrela fissilis* e outras espécies do gênero *Cedrela* por diversos autores (REICH; BORCHERT, 1984; PINHEIRO, 1990; MARCATI *et al.*, 2006; FERRAZ *et al.*, 1999; LOBÃO, 2011). Esse comportamento é característico e de regiões com uma estação seca bem definida, onde a reidratação dos indivíduos causaria o início do brotamento. Entretanto, em áreas sem estação seca pronunciada, como no presente trabalho, o brotamento das folhas dos indivíduos de *C. fissilis* assemelha-se àqueles onde a precipitação é um fator limitante. Nos estudos de Ferraz *et al.* (1999) e Reich e Borchert (1984) em áreas sem estação seca pronunciada, indivíduos do gênero *Cedrela* também apresentaram brotação sincrônica e regular.

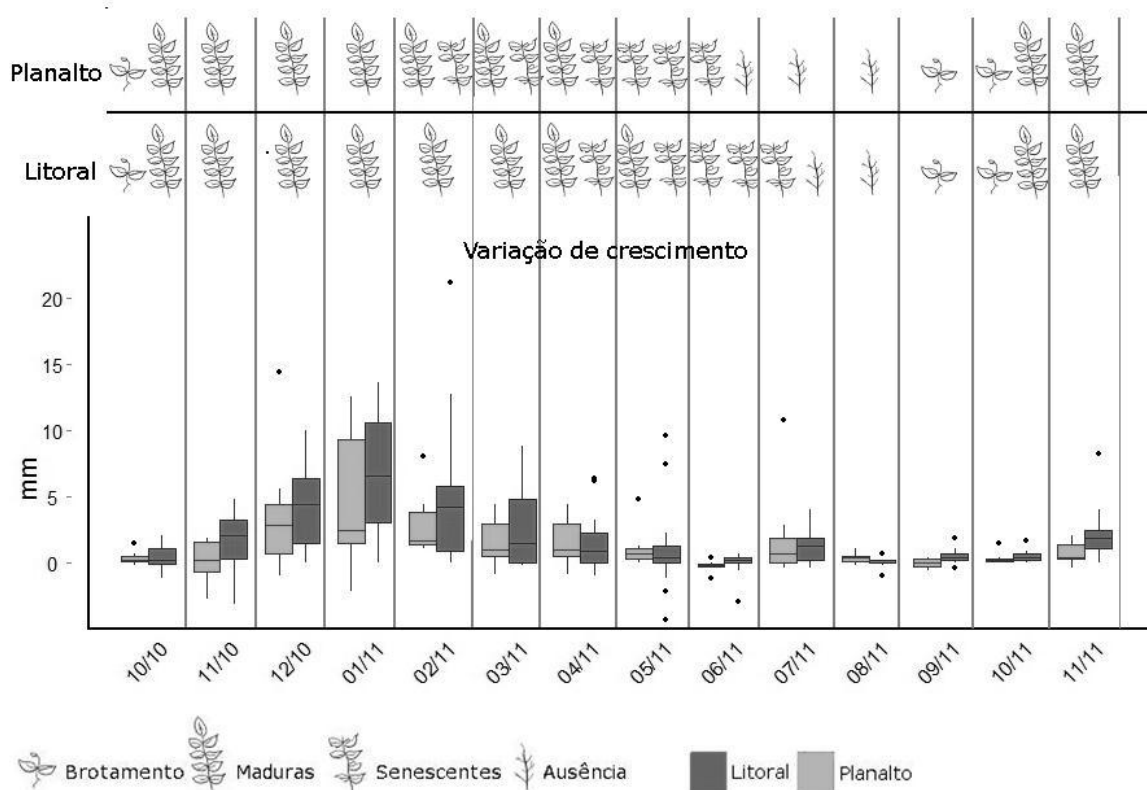


FIGURA 3 – FENOLOGIA E TAXAS DE INCREMENTO MENSAL EM CIRCUNFERÊNCIA DO TRONCO (BOXPLOT) DE *C. fissilis* PARA AS ÁREAS DE LITORAL E PLANALTO.

Espécies tropicais demonstram sazonalidade fenológica e esse comportamento tem sido atribuído principalmente à alternância entre períodos secos e chuvosos (OPLER *et al.*, 1976; WRIGHT, 1991). Contudo, a sazonalidade da fenologia de *C. fissilis* observada parece ser influenciada mais fortemente por outros fatores, já que há um suprimento hídrico praticamente constante em ambas as áreas. Alvim (1967), Rivera e Borchert (2001) e Marques *et al.* (2004) demonstraram que padrões fenológicos em regiões mais afastadas do equador são mais fortemente influenciados pelo fotoperíodo e temperatura do que pela precipitação. Borchert (2000) apontou que o brotamento anual e sincrônico de uma espécie em uma paisagem pode ser ocasionado por mudanças no fotoperíodo, já que variações micro ambientais, como a disponibilidade de água, causariam alternância no ritmo de brotamento dos indivíduos. A variação do fotoperíodo parece explicar o brotamento sincrônico para as duas áreas de estudo, já que estão sob a influência de diferentes regimes de temperatura e sem estação seca pronunciada, porém em uma mesma latitude.

A maximização da captura de luz pode ser um dos fatores mais importantes dirigindo a fenologia de florestas tropicais (van SHAIK *et al.*, 1993, WRIGHT e van SHAIK 1994). O'Brien *et al.* (2008) levantaram a hipótese de que a desfolha total dos indivíduos em meses de menor fotoperíodo minimizaria o impacto de fotossíntese reduzida por uma copa parcialmente sem folhas. Isso também maximizaria a quantidade de tempo para o desenvolvimento de folhas novas e dos cloroplastos anteriormente às melhores condições de luminosidade. Essa hipótese é inconsistente para o trabalho de O'Brien *et al.* (2008), tendo em vista que a desfolha acontece em meses com mais horas de luminosidade. Sendo assim, os autores levantaram outra hipótese, de que a desfolha das espécies decíduas poderia ser em resposta aos meses mais secos, mesmo que não caracterizem uma estação seca bem definida. Entretanto, no presente estudo os meses que apresentam menores fotoperíodos coincidem com aqueles de desfolha dos indivíduos e, também, com os de menor precipitação.

No planalto, o amarelecimento dos folíolos, indicando a senescência foliar, pode ser observado a partir do mês de fevereiro, enquanto que no litoral o amarelecimento é somente observado dois meses após (abril). Essa antecipação na senescência das folhas de *C. fissilis* observada no primeiro planalto pode ser atribuída, principalmente, pelos verões predominantemente mais brandos, com menores temperaturas do que as registradas na área do litoral. Nos meses seguintes ao primeiro sinal de senescência foliar, os indivíduos exibem uma perda foliar progressiva, sendo que a desfolha total dos indivíduos ocorre nos meses de junho e julho para as áreas no primeiro planalto e litoral, respectivamente. Em geral, os indivíduos permanecem sem folhas por um período de três meses no planalto (de junho a agosto) e por dois meses no litoral (de julho a agosto). O reinício do brotamento em setembro foi observado de forma sincrônica entre as áreas, ocorrendo o término dessa fenofase no mês de outubro.

Diferentemente do observado nesse estudo, Lobão (2011) encontrou variações interanuais na fenologia de *C. fissilis* e *C. odorata*, sendo que o brotamento ocorreu em alguns anos por mais de 5 meses, provavelmente devido a baixa sincronia dos indivíduos. Este autor atribuiu que a temperatura e a precipitação influenciam o comportamento fenológico dos indivíduos estudados, inclusive o brotamento de novas folhas. A partir do exposto, pode-se inferir que a fenologia de *C. fissilis* é determinada geneticamente, variando coespecificamente entre os

ecotipos adaptados a diferentes latitudes e deve ser controlada por diferentes sinais ambientais. Nas observações feitas, o fotoperíodo e a temperatura parecem influenciar diretamente a fenologia dos indivíduos, sendo o primeiro responsável pelo brotamento e desfolha sincrônicos e o segundo no adiantamento da senescência foliar, principalmente na área do planalto.

CRESCIMENTO EM CIRCUNFERÊNCIA DO TRONCO E ATIVIDADE CAMBIAL

A avaliação contínua dos incrementos do tronco em circunferência possibilitou caracterizar a periodicidade, o ritmo e a taxa de crescimento como resposta aos períodos de maior atividade cambial dos indivíduos (FIGURA 3, 4, 5, 6). Foi observado, tanto no planalto como no litoral, que o crescimento em circunferência do tronco, em resposta à reativação do meristema cambial, inicia-se a partir do mês de outubro (FIGURA 4 – A; FIGURA 5), após período de dormência (FIGURA 4 – B; FIGURA 5) nos meses de junho, julho e agosto. Observam-se taxas de incremento contínuas e graduais nos meses seguintes, sendo que as maiores taxas de incremento foram observadas no mês de janeiro (verão). Esse período coincide com o maior excedente hídrico no solo, altas temperaturas, elevado valor de comprimento do dia e com as copas das árvores completamente desenvolvidas. Após esse período, observa-se a diminuição gradual das taxas de incremento com redução e/ou cessação no mês de junho, quando as copas das árvores apresentam-se completamente sem folhas ou em fase de senescência adiantada. Os indivíduos do planalto apresentaram, na maioria dos meses observados, maiores taxas de incremento em relação àqueles do litoral, como mostram as FIGURAS 3 e 6. No mês de abril, os indivíduos do litoral apresentaram as maiores taxas de incremento, provavelmente em função de sua maior taxa fotossintética, tendo em vista que as copas dos indivíduos apresentavam folhas maduras ainda com primeiros sinais de senescência, enquanto que no planalto esses sinais vinham sendo observados desde fevereiro. A retomada do crescimento em circunferência do tronco foi observada a partir do mês de outubro. Esse fenômeno deve-se, em grande parte, a reativação do meristema cambial em decorrência de hormônios produzidos por gemas foliares em desenvolvimento e folhas (PALLARDY; KOZLOWSKI, 2008). Por

consequente, foi observado após o brotamento dos indivíduos. A retomada da atividade cambial é dependente da fenologia, que por sua vez parece estar fortemente relacionada com o fotoperíodo e temperatura. Com a diminuição da produção hormonal, em consequência da senescência foliar, o câmbio diminui sua atividade e permanece inativo no período decíduo dos indivíduos. Vale ressaltar que as variações nas taxas de incremento em circunferência do tronco dos indivíduos, registradas por meio dos dendrômetros, devem-se a atividade do câmbio vascular, do felogênio bem como da reidratação do lenho e da casca, podendo por isso serem mesmo observadas no período de redução e/ou de inatividade do câmbio vascular.

A formação do anel de crescimento anual nos dois ambientes estudados deu-se de maneira semelhante àquela observada por Marcati *et al.* (2006). No final da estação de crescimento foram formados vasos de pequeno diâmetro tangencial e fina camada de parênquima axial marginal (FIGURA 4 – B). Após a dormência do câmbio, novas camadas de células de parênquima axial associadas aos elementos de vaso do lenho inicial foram formadas (FIGURA 4 – A), caracterizando assim parênquima do tipo “marginal” associado tanto com elementos do lenho tardio como do lenho inicial. Observou-se, também, a formação de faixa de parênquima axial marginal (FIGURA 4 – C) isolada de elementos característicos do lenho inicial e/ou tardio, provavelmente não caracterizando um anel de crescimento anual da espécie. Na FIGURA 4 – D, referente ao mês de maio de 2011, observa-se as características anatômicas padrões do anel de crescimento de *C. fissilis*: vasos do lenho inicial caracterizados pelo maior diâmetro tangencial e embebidos em uma matriz de parênquima axial marginal; diminuição progressiva do diâmetro tangencial dos elementos de vaso durante o crescimento anual, finalizando o período de crescimento vegetativo com a deposição de uma bainha de parênquima axial marginal.

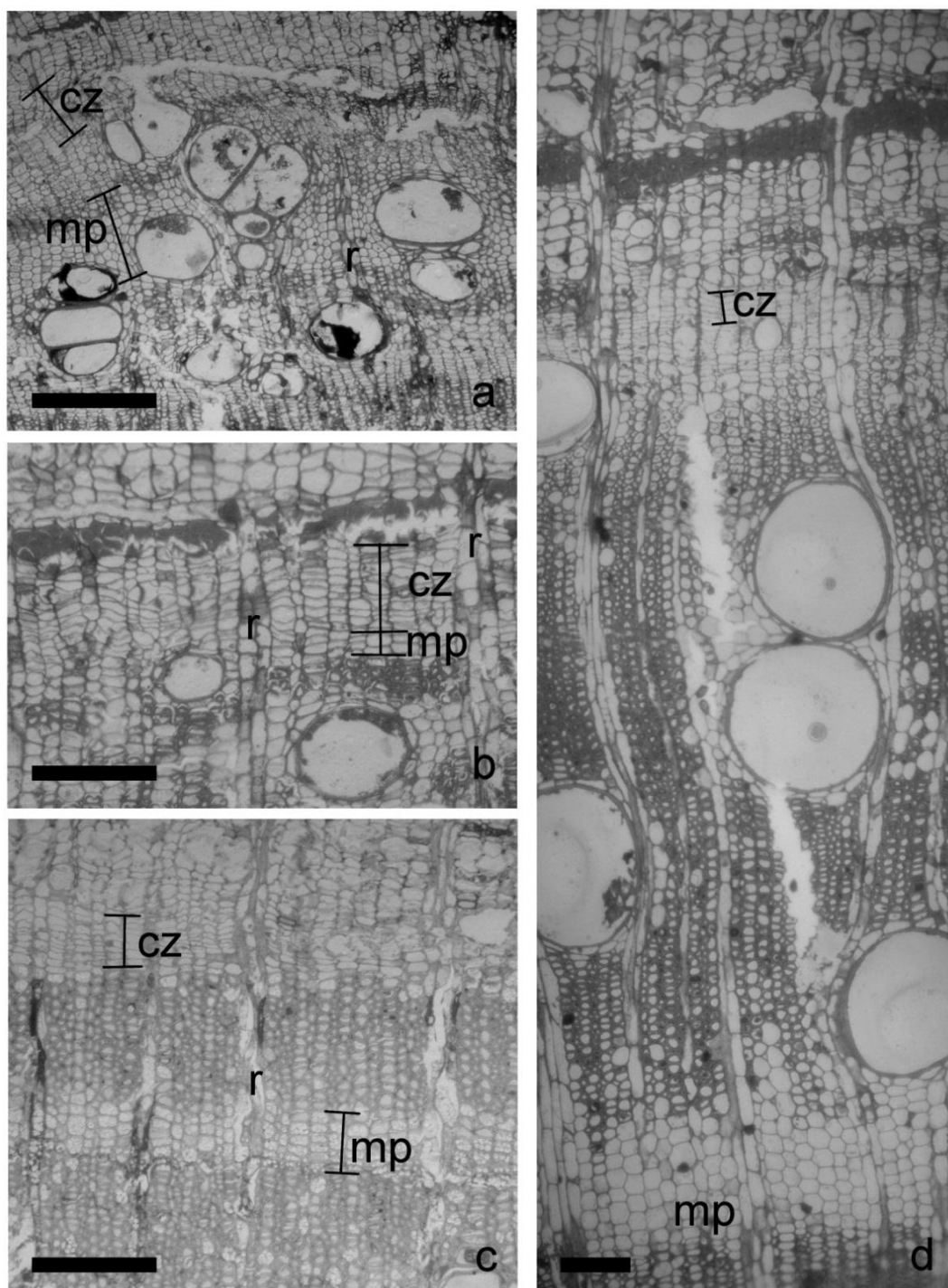


FIGURA 4: A – C, SECÇÕES TRANSVERSAIS DO CAMBIO VASCULAR. A – DEZEMBRO DE 2010, CÂMBIO ATIVO, LITORAL. B – JUNHO DE 2010, CÂMBIO INATIVO, PLANALTO. C – OUTUBRO DE 2011, CÂMBIO ATIVO, LITORAL,NOTA-SE CAMADA DE PARÊNQUIMA MARGINAL ISOLADO DE ELEMENTOS CARACTERÍSTICO DO LENHO INICIAL E TARDIO. D – ANEL DE CRESCIMENTO CARACTERÍSTICO DE *C. fissilis*, r: RAIO; cz: ZONA CAMBIAL; mp: PARÊNQUIMA MARGINAL. BARRAS COM 250 μ m.

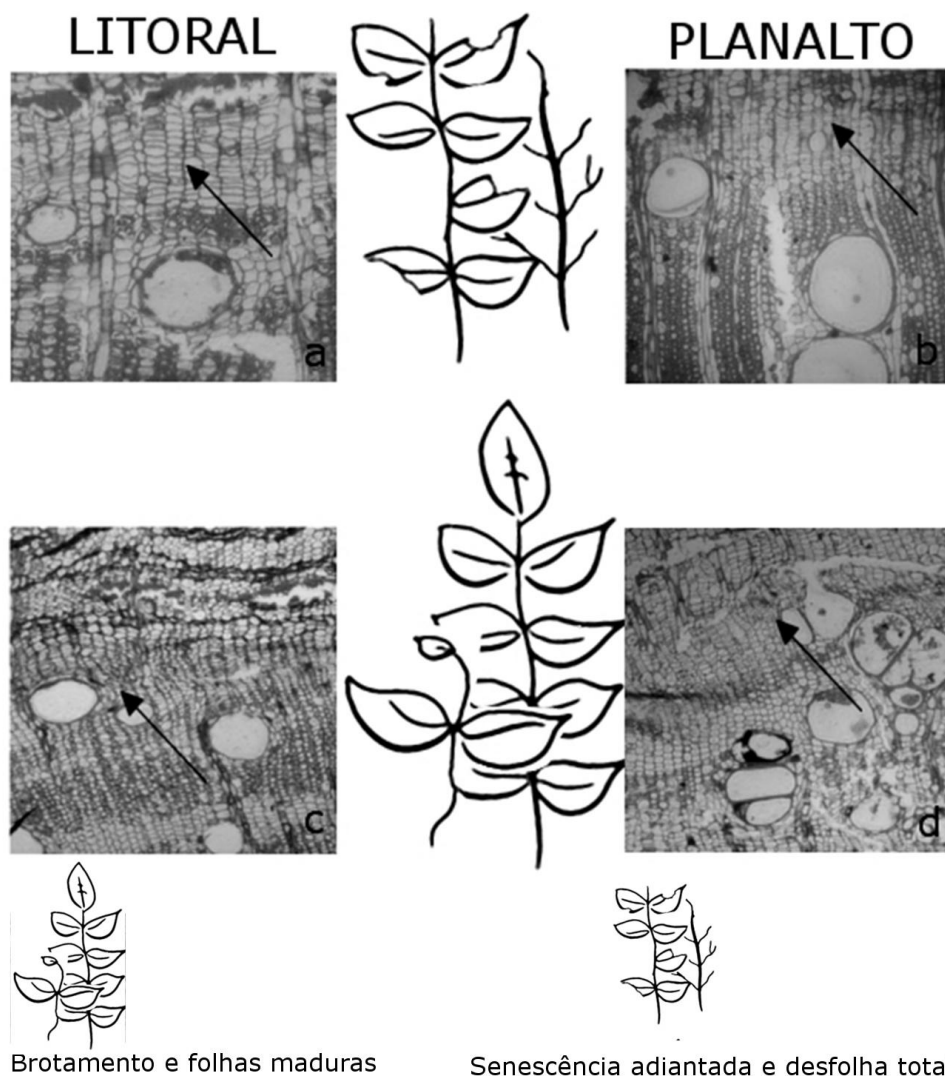


FIGURA 5: SECÇÕES TRANSVERSAIS DO CÂMBIO VASCULAR NOS DIFERENTES AMBIENTES E EM DIFERENTES FENOFASES. A – B, CÂMBIO INATIVO DURANTE A SENESCÊNCIA ADIANTADA OU PERÍODO SEM FOLHAS DOS INDIVÍDUOS. C – D, CÂMBIO ATIVO DURANTE O BROTAMENTO DE NOVAS FOLHAS E/OU PRESENÇA DE FOLHAS MADURAS. SETAS APONTAM PARA O CÂMBIO VASCULAR.

Na TABELA 2 são apresentados os resultados dos testes de correlação linear entre os índices de crescimento e as variáveis climáticas. Na região do Primeiro Planalto foram encontradas correlações estatisticamente significativas entre crescimento e clima, sendo que a precipitação acumulada e a temperatura foram fatores que se mostraram fortemente correlacionados com o crescimento. Na região litorânea essas correlações são mais sutis e sem significância estatística.

TABELA 2 – CORRELAÇÕES ENTRE O ÍNDICE DE CRESCIMENTO MENSAL E AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS.

Área	Variáveis climáticas					
	P	P2	P3	T.med	T.max	T.min
Planalto	-	0,86**	0,91***	0,89***	0,72*	0,86**
Litoral	0,61***	0,51***	0,44	0,49	0,47	0,43

P, PRECIPITAÇÃO DO MÊS CORRENTE; P2, PRECIPITAÇÃO ACUMULADA DO MÊS CORRENTE E DO ANTERIOR; P3, PRECIPITAÇÃO ACUMULADA DO MÊS CORRENTE E DE DOIS ANTERIORES; T.MED, TEMPERATURA MÉDIA; T.MAX, TEMPERATURA MÁXIMA, T.MIN, TEMPERATURA MÍNIMA.

* SIGNIFICATIVO A \leq 0.05

** SIGNIFICATIVO A \leq 0.01

*** SIGNIFICATIVO A \leq 0.001

As maiores taxas de incremento e forte correlação com as variáveis climáticas encontrados no crescimento dos indivíduos do planalto indicam que outros fatores que podem influenciar o crescimento da espécie, como a competição entre indivíduos e vertical, são tênues se comparados com a área de estudo do litoral. Conforme constatado por diversos autores (MATTOS, 2007; BRÄUNING *et al.*, 2008; CUNHA, 2009), o gênero *Cedrela* é sensível à competição por luz. Cunha (2009) demonstra que o incremento em circunferência do tronco de *C. odorata* é influenciado negativamente pela competição entre indivíduos e que a luz, descrita pela posição sociológica é o fator determinante para altas taxas de incremento. Esse modelo explica as diferentes taxas de incremento registradas para os indivíduos do planalto e litoral (FIGURA 4). Na área do planalto, as árvores de *C. fissilis* estão sob o domínio de uma pequena formação florestal, que sofreu forte influencia antrópica, localizam-se na proximidade de trilhas e a luz é disputada, apenas, com poucos indivíduos preservados de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze que dominam o dossel da paisagem. Em contraste, a área estudada do litoral é constituída por floresta sem indícios de ação antrópica, onde são facilmente encontrados exuberantes indivíduos arbóreos, sendo que a frequência de *C. fissilis* é baixa se comparada com as áreas do planalto. A partir do exposto pode-se inferir que as taxas de incremento das árvores de *C. fissilis* estudadas na área do litoral são mais fortemente controladas pela competição, se comparadas com os indivíduos do planalto.

CONCLUSÕES

O presente estudo demonstra a existência de sazonalidade fenológica e de incremento em circunferência do tronco de *C. fissilis* para as duas áreas de estudo. A fenologia dessa espécie, para as áreas estudadas, parece ser influenciada mais fortemente pelo fotoperíodo e temperatura do que pela precipitação. O crescimento em circunferência é sazonal, iniciando-se após a expansão total do limbo das folhas e sendo interrompido quando as folhas estão em senescência adiantada. A espécie apresenta formação de anéis de crescimento anuais, porém foram observadas flutuações anatômicas, provavelmente não anuais. Os resultados indicam que o crescimento em circunferência é controlado pela fenologia, pelas condições climáticas de temperatura e precipitação, além de outros fatores. O fator competição, não avaliado nesse estudo, pode estar relacionado, sendo que em áreas de clima pouco sazonal, por exemplo, no litoral, a posição sociológica dos indivíduos parece influenciar mais fortemente do que o fator climático.

REFERÊNCIAS

- AUGSPURGER, C. K. Phenology, flowering synchrony, and fruit set of six neotropical shrubs. **Biotropica**, Lawrence, v. 15, n. 4, p. 257-267, 1983.
- BENCKE, C. S. C; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, interpretação e representação. **Rev. Bras. Biol.**, São Carlos, v. 25, n. 3, p. 269-275, 2002.
- BORCHERT, R. 2000. Organismic and environmental controls of bud growth in tropical trees. In: VIÉMONT, J.D; CRABBÉ, J. **Dormancy in plants: from whole plant behavior to cellular control**. Wallingford: CABI, 2000. p. 87-107.
- BRÄUNING, A. *et al.* Growth dynamics of tree in tropical mountain Ecosystems. In: BECK, E. *et al.* **Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador**. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2008. P. 291-309.
- CALLADO C. H. *et al.* Anatomical features of growth rings in flood-prone trees of Atlantic rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **IAWA Journal**, Leiden, v. 22, n. 1, p. 29-42, 2001.

CARDOSO, F. C. G. **Variações fenológicas de árvores da floresta atlântica, em diferentes condições de solo.** 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2009.

CUNHA, T. A. **Modelagem de incremento de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na Floresta Amazônica.** 2009. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

FAHN, A; *et al.* Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees. In: BORMANN, F. H.; BERLYN, G. **Age and growth rate of tropical trees: new directions for research.** New Haven: Yale University, 1981. p. 31-54.

FERRAZ, D. K. *et al.* Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. **Rev. Bras. Biol.**, São Carlos, v. 59, n. 2, p. 305-317, 1999.

HILTY, S. L. Flowering and Fruiting Periodicity in a Premontane Rain Forest in Pacific Colombia. **Biotropica**, Lawrence, v. 12, n. 4, p. 292-306, 1980.

IAPAR Médias históricas em estações do IAPAR. Base de dados. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1070>>. Acesso em 10 novembro 2011.

JACOBY, G. C. Overview of tree-ring analysis in tropical regions. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n. 2, p. 99-108, 1989.

PALLARDY, S.G.; KOZLOWSKI, T.T. **Physiology of Woody Plants.** Burlington: Academic press, 2008.

LOBÃO, M. S. **Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil.** 2011. 209 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2011.

MARCATI, C. R. *et al.* Seasonal variation in wood formation of *Cedrela fissilis* (Meliaceae). **IAWA Journal**, Leiden, v. 27, n. 2, p. 199-211, 2006.

MARQUES, M. C. M. *et al.* Phenological patterns among plant life forms in a subtropical forest in Southern Brazil. **Plant Ecology**, New York, v. 173, n. 2, p. 203-213, 2004.

MATTOS, R. B. **Produtividade e incremento de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell. e *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., em floresta nativa no Rio Grande do Sul.** 2007. 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MORELLATO, L. P. C. *et al.* Estudo fenológico comparativo de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, SP. **Rev. Bras. Bot.**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 85-98, 1989.

MORELLATO, L. P. *et al.* Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: A Comparative Study. **Biotropica**, Lawrence, v. 32, n. 4, p. 811-823, 2000.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

O'BRIEN, J. J. *et al.* Phenology and stem diameter increment seasonality in a Costa Rican wet tropical forest. **Biotropica**, Malden, v. 40, n. 2, p. 151-159, 2008.

OPLER, P. A. *et al.* Rainfall as a factor in the release, timing, and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 3, n. 3, p. 231-236, 1976.

PINHEIRO, A. L. *et al.* Características fenológicas do Cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) Em Viçosa, Minas Gerais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 21, n. 1, p. 21-26, 1990.

REICH, P. B; BORCHERT, R. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, London, v. 72, n. 1, p. 61-74, 1984.

RIVERA, G; BORCHERT, R. Induction of flowering in tropical trees by a 30-min reduction in photoperiod: evidence from field observations and herbarium specimens. **Tree Physiology**, Victoria, v. 21, n. 4, p. 201-212, 2001.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1979.

ROIG, F. A. Dendrocronología en los bosques del neotrópico: revisión y prospección futura. In: _____. **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EIUNC, 2000.

Van SCHAIK, C. P. *et al.* The Phenology of Tropical Forests: Adaptive Significance and Consequences for Primary Consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 24, p. 353-377, 1993.

WRIGHT, S. J. Seasonal drought and the phenology of understory shrubs in a Tropical Moist Forest. **Ecology**, Washington, v. 72, n. 5, p. 1643-1657, 1991.

WRIGHT, S.J; SCHAIK, C. P. V. Light and the Phenology of Tropical Trees. **The American Naturalist**, Chicago, v. 143, n. 1, p. 192-199, 1994.

O'BRIEN, T.P.O. *et al.* Polychromatic Staining of Plant Cell Walls by Toluidine Blue O. **Protoplasma**, v. 59, p. 368-373, 1964.

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

SINAIS CLIMÁTICO DAS SÉRIES TEMPORAIS DE LARGURAS DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DE *Cedrela fissilis* Vell. EM DIFERENTES TIPOLOGIAS DE FLORESTAS OMBRÓFILAS DO SUL DO BRASIL

Fernando Andreacci¹, Paulo Cesar Botosso², Franklin Galvão³

¹Biólogo, Departamento de Botânica, UFPR, Curitiba, PR, Brasil – fandreacci@gmail.com

²Eng. Florestal, Dr., EMBRAPA Florestas, Colombo, PR, Brasil – paulo.botosso@gmail.com

³Eng. Florestal, Dr., Departamento de Ecologia, UFPR, Curitiba, PR, Brasil – fgalvao@ufpr.br

Resumo

Os anéis de crescimento de *Cedrela fissilis* foram analisados em duas unidades fitogeográficas do estado do Paraná, em áreas de Florestas Ombrófilas Densa e Mista, litoral e planalto, no domínio da Floresta Atlântica, buscando encontrar sinais climáticos nas séries radiais temporais de anéis de crescimento. As áreas não apresentam estação seca bem definida, com precipitações bem distribuídas ao longo do ano. Na área do litoral, as temperaturas são altas e constantes durante todo o ano, enquanto que na área do planalto as temperaturas são mais amenas, ocorrendo considerável variação durante o ano. Nas duas áreas foram coletadas 3-4 amostras radiais dos indivíduos selecionados, sendo 15 no litoral e 21 no planalto. Os anéis de crescimento foram marcados, mensurados, submetidos ao controle de qualidade por meio do programa COFECHA e as cronologias foram geradas utilizando o programa ARSTAN. Sinais climáticos nas séries foram identificados utilizando Correlações de Pearson. As séries analisadas e provenientes da área do maior planalto apresentaram melhores correlações e sinais climáticos foram identificados, enquanto que as séries do litoral não puderam ser datadas com total acurácia. É atribuída a hipótese da competição, por luz principalmente, para explicar a dificuldade na datação dos indivíduos do litoral.

Palavras-chave: *Cedrela fissilis*, dendrocronologia, Floresta Atlântica.

Abstract

Keywords: *Cedrela fissilis*, dendrochronology, Atlantic Forest. *Cedrela fissilis* tree-rings were examined in two distinct phytogeographic units of the State of Paraná, Brasil. The analysis was carried out in areas of tropical rain forest, Atlantic Forest (cost) and Araucaria Forest (plateau) in order to seek for climatic signals in tree rings series. In the coast area, temperatures are high and constant throughout the year, while in the area of the plateau, temperatures are milder and considerable variation occur during the year. In both areas 3-4 radial samples of each selected individual were collected, 15 from the coast and 21 from the plateau. Growth rings were marked, measured, submitted to quality control using the COFECHA software and chronologies were generated using the ARSTAN software. Tree rings series from plateau showed better correlations in comparison to the coast, being well-dated while the other could not be dated with accuracy. Climatic signals were found in the well-dated chronology. The hypothesis of competition is raised to explain the difficulty to establish a good chronology for Atlantic forest area.

INTRODUÇÃO

A Dendrocronologia é uma ciência que tem sido mais amplamente utilizada em regiões de climas temperados e áridos, com aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento como Ecologia, Climatologia, Geologia, Antropologia, entre outras (SCHWEINGRUBER, 1996). Essa ciência baseia-se, principalmente, no fato que as plantas que crescem em ambientes regidos por forte sazonalidade climática, apresentam ciclos anuais de crescimento, podendo, em muitas espécies lenhosas, causar demarcações no xilema secundário, denominadas anéis de crescimento (FRITTS, 1976; SCHWEINGRUBER, 1989).

Inicialmente acreditava-se que, em regiões tropicais e subtropicais, devido a menor sazonalidade climática e a aparente falta de uma condição limitante de crescimento, as árvores desses ambientes crescessem continuamente durante o ano, não formando, portanto, anéis de crescimento anuais (LIEBERMAN *et al.*, 1985). Devido aos esforços empreendidos por vários pesquisadores, como apresenta Worbes (2002), essa ideia foi contestada, pois significativo número de espécies tropicais e subtropicais, crescendo em determinadas condições, apresentam anéis de crescimento anuais.

Apesar de serem relativamente recentes e ainda fragmentados, os estudos relacionados à dinâmica de crescimento de espécies tropicais e subtropicais vêm elucidando o entendimento da formação dos anéis de crescimento nessas regiões, sendo hoje reconhecida uma vasta lista de espécies arbóreas com reconhecida

formação anual de anéis de crescimento, além do reconhecimento de uma série de fatores responsáveis por essa formação de caráter anual dos mesmos.

A aplicação da Dendrocronologia nos trópicos tem demonstrado grande potencial (i) na reconstrução histórica das condições de crescimento das árvores, (ii) melhor entendimento das respostas fisiológicas dos indivíduos frente às mudanças das condições ambientais, (iii) na construção e validação de modelos de crescimento, entre outros (ROZENDAAL; ZUIDEMA, 2011). Entretanto, é completamente aceito que a aplicação da Dendrocronologia nos trópicos se dá de forma muito mais difícil e criteriosa do que com espécies provenientes de zonas temperadas. Diversos fatores como a dificuldade de visualização dos anéis de crescimento (JACOBY, 1989), a escassez de árvores longevas (WORBES, 1999), a impossibilidade da utilização de indivíduos mortos devido à alta taxa de decomposição da madeira morta (BULTMAN; SOUTHWELL, 1976), a grande frequência de anéis falsos e faltantes devido a fatores exógenos (FAHN *et al.*, 1981) e a diversidade de respostas das diferentes espécies frente as mesmas condições ambientais (PALLARDY; KOZLOWSKI, 2008), apresentam-se como obstáculos e/ou fatores limitantes à aplicação dessa Ciência. Nesse contexto, Worbes (1989) atenta sobre a importância da seleção de espécies potenciais para esse tipo de estudo. Tomazello-Filho *et al.* (2000) apresenta uma série de características demonstrando o potencial dendrocronológico para algumas espécies pertencentes a família Meliaceae, como (i) o significativo número de espécies nos ecossistemas florestais, com ampla diversidade ecológica em vários continentes, (ii) apresentação de eventos fenológicos distintos, como a queda de folhas na estação seca, em condições naturais e plantios, (iii) madeira com estrutura anatômica característica, pela nitidez e delimitação dos anéis de crescimento, (iv) árvores com altas taxas de crescimento em diâmetro do tronco e altura, (v) árvores de densidade média, favorecendo a coleta de amostras de madeira por métodos não destrutivos, (vi) disponibilidade de informações sobre a taxa de crescimento, pela marcação do cambium, uso de bandas dendrométricas e medição da largura dos anéis anuais de crescimento, (vii) extensa bibliografia sobre a taxonomia, dendrologia, botânica, florística, fitossociologia, silvicultura, propriedades da madeira, etc.

Dentre as espécies da Família Meliaceae, *Cedrela fissilis* Vell., popularmente conhecida como cedro-rosa, apresenta grande amplitude ecológica, ocorrendo desde a Costa Rica, incluindo o Panamá, Bolívia, Colômbia, Equador, Paraguai, Perú, Uruguai e Venezuela até o sul do Brasil e nordeste da Argentina (GONZÁLES, 1976; PENNINGTON, 1981; GARTLAND *et al.*, 1996). É uma espécie decídua, perdendo completamente suas folhas na fase de maturação dos frutos, com período de caducifolia variando em função das condições climáticas. Devido às ótimas propriedades de sua madeira, como por exemplo, alta durabilidade quando exposta ao tempo e facilidade em se trabalhar, o cedro possui grande importância econômica, sendo muito utilizado na indústria madeireira, ocupando o quarto lugar dentre as espécies brasileiras madeireiras mais exportadas (ANGELO *et al.*, 2001). É uma árvore largamente empregada no paisagismo de parques e grandes jardins e recomendada na composição de reflorestamentos heterogêneos de áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 1992).

Em estudos prévios, *C. fissilis* apresentou madeira com características anatômicas distintas e anéis de crescimento anuais de fácil visualização, caracterizados pelo parênquima marginal e porosidade semi-porosa (MARCATTI *et al.*, 2006). O gênero *Cedrela* tem demonstrado potencial em aplicações dendrocronológicas, permitindo a construção de cronologias, a detecção de sinais climáticos em seus anéis de crescimento, a projeção de ciclos de cortes silviculturais, entre outros (DUNISH, 2005; BRIENEN; ZUIDEMA, 2006; IWASKI-MARACHI, 2007). Boninsegna *et al.* (1999) determinou, com acurácia, a idade e a taxa de crescimento de *Cedrela fissilis*, além de outras espécies, em Misiones, Argentina. Dunish (2003) estudando a espécie *Cedrela odorata* em área de clima tropical do Brasil, verificou a existência de sinais climáticos na cronologia da espécie, indicando que o crescimento de *C. odorata* responde significativamente a quantidade de precipitação ocorrida nos meses de março até maio da estação de crescimento anterior. O mesmo autor em (2004) observou que o crescimento de *Cedrela fissilis* na mesma área de estudo responde da mesma maneira que *C. odorata*. Entretanto, as cronologias construídas com a mesma espécie, porém crescendo em uma região subtropical, indicam que o crescimento da espécie é mais influenciado pela temperatura de maio do período anterior de crescimento, além da temperatura do mês de novembro da estação de crescimento, não sendo identificadas relações significativas com a precipitação. Brienen e Zuidema (2005), estudando a relação da quantidade de precipitação e a largura dos anéis de crescimento de espécies tropicais na Bolívia, verificaram que o crescimento de *C. odorata*, é influenciado positivamente pela precipitação do período de transição (maio e junho) da estação chuvosa para a seca na estação de crescimento do ano anterior. Lobão (2011) verificou um sinal climático comum nas cronologias de largura dos anéis de crescimento de *C. fissilis* e *C. odorata* em diferentes microsítios da região tropical do Acre, Brasil, indicando que nas condições de crescimento estudadas existe um fator climático específico para a região. Rauber (2010), em uma região subtropical do Brasil também conseguiu, com acurácia, datar indivíduos de *C. fissilis* por meio dos anéis de crescimento. Além disso, a autora encontrou sinais climáticos na cronologia, indicando que a precipitação do período de dezembro a abril da estação de crescimento anterior explica grande parte da variação de crescimento anual.

A partir dos dados expostos percebe-se que o gênero *Cedrela* e a espécie *C. fissilis* apresentam grande potencial para o desenvolvimento de estudos dendrocronológicos em regiões tropicais e subtropicais, permitindo obter informações relevantes sobre a autoecologia da espécie em uma escala temporal.

O presente trabalho procura analisar os anéis de crescimento de indivíduos adultos de *C. fissilis* ocorrendo em diferentes gradientes climáticos e altitudinais pertencentes a distintas unidades fitogeográficas de áreas do domínio da Floresta Atlântica no Estado Paraná (primeiro planalto e litoral). Além de buscar datar os indivíduos com acurácia, são investigados sinais climáticos nos anéis de crescimento da espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foram avaliadas 36 árvores de *Cedrela fissilis*, sendo 15 pertencentes à formação de Floresta Ombrófila Densa Sub Montana (FODSM) e 21 de Floresta Ombrófila Mista Montana (FOMM) do estado do Paraná, Brasil (FIGURA 1). Procurou-se selecionar indivíduos adultos e representativos nestas formações, sendo esses, aparentemente, sadios e com boa formação do tronco e copa.

Áreas de estudo

Litoral paranaense

Os indivíduos localizam-se em área pertencente à SPVS (Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental), localizada no município de Antonina, Paraná e inserida no domínio da Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba (FIGURA 1). As árvores foram selecionadas em áreas remanescentes de floresta sem indícios e/ou histórico de ação antrópica recente em domínio fitogeográfico da Floresta Ombrófila Densa Sub Montana. Os indivíduos estão localizados em uma parcela permanente situada na altitude de 300 m a.n.m. Segundo Köeppen, o clima da região é subtropical úmido mesotérmico (Cfa) sem estação seca definida e sempre úmido. Dados climáticos médios (FIGURA 2) para um período de 21 anos (de 1978 a 1999) mostram uma precipitação média anual de 2778mm e temperatura média de 21,4 °C (IAPAR, 2011).

Primeiro planalto paranaense

Para representar essa região foram utilizadas duas áreas atualmente protegidas e localizadas no perímetro urbano da cidade de Curitiba, Paraná, com altitude média de 945m a.n.m (FIGURA 1). O domínio fitogeográfico das áreas é a Floresta Ombrófila Mista Montana (Floresta com Araucária).

Bosque da Copel: situado no bairro Bigorrião, com aproximadamente 05 ha, coberto por vegetação secundária em estágio avançado de regeneração e mantido sob proteção pela Copel desde 1976. O bosque é o que restou de uma grande extensão de mata de araucária que foi reduzida pelo processo de urbanização e crescimento da cidade. Foram selecionados 09 indivíduos dessa localidade.

Bosque do Jardim Botânico Municipal: localizado no interior das dependências do Jardim Botânico, com aproximadamente 07 ha e fechado desde 2006 para entrada de pedestres. Foram selecionados 8 indivíduos dessa área que é composta por vegetação nativa em regeneração.

A região de Curitiba encontra-se sob o clima subtropical úmido mesotérmico de verões frescos, inverno com geadas frequentes e sem estação seca, portanto é tipo Cfb na classificação de Köeppen. Dados climáticos médios (FIGURA 2), para um período de 27 anos, mostram precipitação anual de 1498 mm e temperatura média de 17.3 °C (IAPAR, 2011).

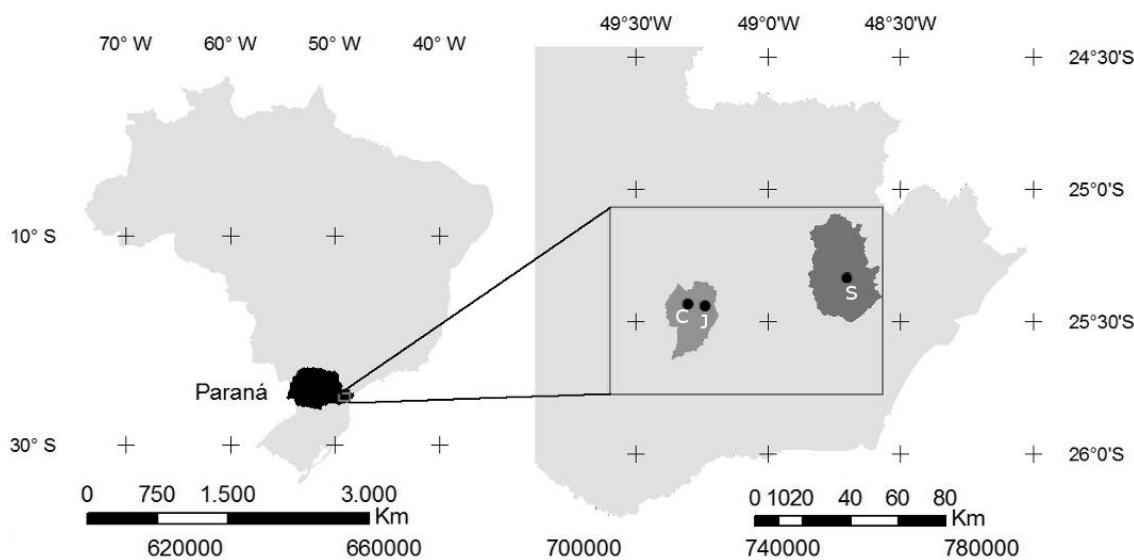


Figura 1. Localizações das áreas de estudo nos municípios de Curitiba (C, J) e Antonina (S), Paraná, Brasil.
Figure 1. Locations of study areas in the cities of Curitiba (C, J) and Antonina (S), southern Brazil.

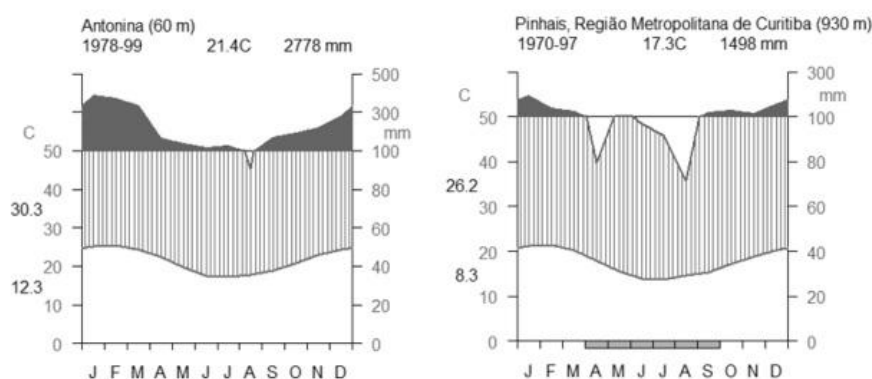


Figura 2. Diagramas climáticos das regiões de Antonina e Pinhais, representando o município de Curitiba, elaborados segundo Walter e Lieth (1967). Modificado de IAPAR (2011).

Figure 2. Climatic diagrams from Antonina and Pinhais, here representing the city of Curitiba, produced according to Walter e Lieth (1967). Modified from IAPAR (2011).

Amostragem e preparo

Com auxílio da sonda de Pressler (\varnothing 5 mm) foram removidas amostras radiais (3-4 raios) por indivíduo selecionado. As amostras foram fixadas em suportes de madeira de modo a expor os elementos anatômicos em sentido longitudinal. Posteriormente foram polidas as secções transversais das amostras, com lixas de diferentes gramaturas (de 60 até 600 grãos) proporcionando melhor contraste dos anéis de crescimento e das outras estruturas anatômicas do lenho. As amostras foram digitalizadas utilizando scanner de mesa com 600 ppp (pontos por polegada) de resolução. Através das imagens obtidas, a largura dos anéis de crescimento inicialmente reconhecidos e delimitados foi medida com auxílio do software de análise de imagens Image Pro Plus (Media cybernetics).

Séries cronológicas

Após mensuração da largura dos anéis de crescimento, foi realizado o controle da qualidade e verificação da sincronização das séries radiais temporais por meio do programa COFECHA (HOLMES *et al.*, 1986). O programa COFECHA sobrepõe seguimentos das séries cronológicas com a média construída das

demais amostras e verifica estatisticamente a datação, possibilitando identificar possíveis erros devidos a presença de anéis falsos, flutuações intra-anuais ou anéis faltantes. Amostras com baixa correlação foram removidas de maneira a maximizar o sinal das séries utilizadas para construção da cronologia. Para construção das cronologias foi utilizado o programa ARSTAN (COOK; HOLMES, 1984). As tendências de crescimento relacionadas aos sinais não climáticos foram removidas de acordo com Cook e Kairiukstis (1989) por meio da padronização das séries através do ajuste das mensurações originais dos anéis de crescimento com uma função exponencial negativa, seguido da aplicação de uma função spline cúbico, com porcentagem de longitude de série de 67%.

Relações com o clima

Para estudar a relação entre a precipitação e temperatura e a largura dos anéis de crescimento das árvores, as cronologias foram correlacionadas com dados históricos pluviométricos mensais e de temperatura do ar (máxima, média e mínima) de estações meteorológicas próximas às regiões de estudo. Correlações de Person foram calculadas de maneira a testar as relações entre as precipitações anuais, mensais e períodos acumulados de precipitações e temperaturas com o índice da cronologia. Utilizou-se para essa análise até 19 meses, portanto, parte do ano anterior foi incluso devido a investigações prévias que constataram a influência do ano anterior no crescimento radial de espécies do gênero *Cedrela* (DÜNISCH, 2003; DÜNISCH, 2005; BRIENEN; ZUIDEMA, 2005). Dados climáticos históricos dos municípios de Pinhais, representando a região metropolitana de Curitiba (primeiro planalto), e Antonina (litoral) foram obtidos através do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Datação cruzada

Por meio do controle da qualidade da largura dos anéis de crescimento, de um total de 71 séries radiais provenientes de 20 árvores da área do planalto, aproveitaram-se 22 séries de 11 indivíduos para compor a cronologia com correlação significativa de 0,566, demonstrando um sinal comum para as 11 árvores. Para o litoral, a cronologia foi composta por 38.5% das séries radiais amostradas e pertencentes a 11 árvores, sendo que a cronologia não alcançou o ponto crítico estabelecido pelo programa COFECHA (0,541), ficando em 0,356.

A exclusão de indivíduos e de séries radiais com baixa correlação com os demais é comum para o gênero *Cedrela* além de outras espécies tropicais, sendo que esse fato pode ser observado em trabalhos conduzidos por DÜNISCH *et al.* (2003); RAUBER (2010) e LOBÃO (2011). No planalto a idade dos indivíduos variou de 12 a 22 anos enquanto que no litoral essa variação foi maior, 12 a 34 anos. A alta correlação dos indivíduos de *Cedrela* no primeiro planalto pode ser explicada pela homogeneidade de tamanho das séries temporais, sendo que os indivíduos mais longevos foram excluídos, devido sua baixa correlação ou pela impossibilidade de datação dos anéis devido à presença frequente de sinais de podridão no interior do tronco. Outro fator importante a ser considerado é a posição sociológica comum dos indivíduos, dominantes na floresta, disputando luz com apenas alguns indivíduos isolados de *Araucaria angustifolia* que se destacam na paisagem. A análise de componentes principais, realizada pelo programa ARSTAN, indicou que os primeiros componentes das cronologias Arstan e Residual explicaram 55,24% e 55,75% da variância total do crescimento anual nos últimos 19 anos para os indivíduos do planalto.

Em contraste, a baixa correlação das séries dos indivíduos do litoral poderia ser atribuída à competição interespecífica por luz, diferença de idades dos indivíduos amostrados ou mesmo pela dificuldade da correta identificação de anéis falsos ou faltantes devido à pequena área de observação oferecida pelas amostras (baguetas). Segundo DÜNISCH *et al.*, (1999), a pressão competitiva de árvores vizinhas muda a direção de crescimento da árvore, podendo causar a formação de anéis pouco conspícuos, resultantes de uma atividade cambial descontínua, dificultando sua identificação e correlação das amostras de árvores em outras situações. Dificuldades de identificação de anéis de crescimento em baguetas também foram observadas por Stahle *et al.* (1999) para *Pterocarpus angolensis* DC. no Zimbábue. Os autores afirmam que a acurácia da datação poderia ser melhorada com uma maior área de observação de, no mínimo Ø 5 cm, permitindo assim evidenciar flutuações anatômicas não anuais.

Estatísticas descritivas e a representação gráfica das cronologias são apresentadas na TABELA 1 e FIGURA 3, respectivamente.

Tabela 1. Descrição estatística da datação-cruzada dos anéis de crescimento dos indivíduos de *C. fissilis* em estudo.

Table 1. Statistical description of crossdating growth rings from individuals of *C. fissilis* in study.

	Área	
	Planalto	Litoral
Série co-datada	1985-2009	1972-2010
Número de séries datadas	22	15
Indivíduos	11	11
Total de anéis em todas as amostras	452	365
Total de anéis checados	451	364
Correlação entre as séries	0.566	0.313
Sensibilidade média	0.49	0.471
Comprimento médio das séries	20.5	24.3

Correlações entre a cronologia e o clima

A identificação de correlações entre cronologias e variáveis climáticas permite a reconstrução de climas passados, sendo uma das principais aplicações da dendrocronologia (SPEER, 2010). Entretanto, para tal aplicação é necessário uma cronologia robusta, obtida com árvores que apresentem um sinal comum de crescimento. No presente estudo são apresentadas correlações entre precipitação e temperatura (FIGURA 4) para a cronologia desenvolvida com as árvores do planalto, tendo em vista o sinal comum entre elas, demonstrado através de sua alta correlação (TABELA 1). Não são apresentadas correlações entre a cronologia e clima para o litoral, já que não foi possível identificar um sinal comum nas árvores e, portanto, seriam apenas especulativas.

A análise de correlação entre precipitação e a largura dos anéis de crescimento de *C. fissilis* mostra que a diferença de disponibilidade de água durante os anos explica, pelo menos, uma porção da variação do crescimento anual encontrado na espécie (FIGURA 4). A correlação positiva entre a precipitação da estação de crescimento anterior indica que o suprimento de água influencia, especialmente, na formação de reservas de nutrientes, que por sua vez são mobilizadas no início do próximo período de crescimento (HÖLL, 1985). Dünish *et al.* (2003) demonstram que o crescimento radial nos dois primeiros meses após o período de dormência em *Cedrela* deve-se em decorrência da mobilização da reserva de nutrientes. Esse comportamento já foi evidenciado em outros trabalhos para o gênero *Cedrela* (BRIENEN; ZUIDEMA, 2005; RAUBER, 2010; LOBÃO, 2011).

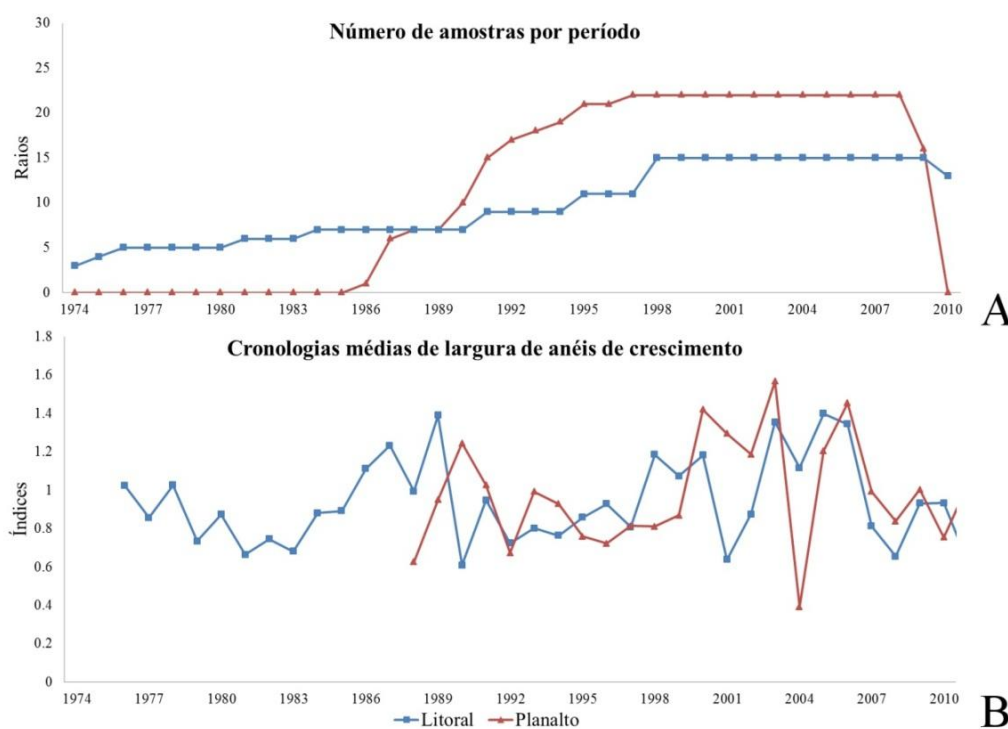


Figura 3. Cronologias Arstan e o número de amostras do lenho utilizadas em suas construções.
Figure 3. Arstan chronologies and the number of wood samples used in their construction.

Também são encontradas correlações positivas no início da estação de crescimento, coincidente com o período de altas temperaturas e com maiores horas de luminosidade diária. As árvores utilizadas para compor a cronologia são jovens (TABELA 1) e dividem o extrato superior da floresta apenas com poucos indivíduos de *A. angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Portanto, provavelmente utilizam o aporte hídrico e altas temperaturas nos meses iniciais da estação de crescimento na produção de biomassa, refletida na largura dos anéis de crescimento. A água no início da estação de crescimento é fundamental para que a espécie, no período de produção de novas folhas e flores, tenha maiores condições de aumento de biomassa.

Os padrões de correlações para as temperaturas mínimas e a largura dos anéis de crescimento encontrados corroboram àqueles encontrados por Rauber (2010). Altas temperaturas mínimas no período de crescimento anterior, assim como altas temperaturas mínimas no período de crescimento corrente influenciam positivamente na largura dos anéis de crescimento de *C. fissilis*, (FIGURA 4). A região de estudo apresenta verões frescos, com considerável diminuição da temperatura em alguns dias, principalmente durante a noite. Portanto, condições com baixas temperaturas podem diminuir o metabolismo de *C. fissilis* e altas temperaturas mínimas no verão teriam efeitos positivos no crescimento da espécie.

Correlações negativas para precipitação são observadas no período correspondente ao final da estação de crescimento anterior até o mês de julho. Em eventos de elevada precipitação durante período do ano, a saturação hídrica do solo poderá influenciar negativamente os processos fisiológicos relacionados ao crescimento de *C. fissilis*. Aliado a isso, também são encontradas correlações negativas para as temperaturas mínimas em período concomitante (março-maio). Esse resultado indica que na ausência de elevadas temperaturas durante esse período, o excesso de água permanecerá por mais tempo no solo, deixando os indivíduos sob uma ação prolongada de estresse.

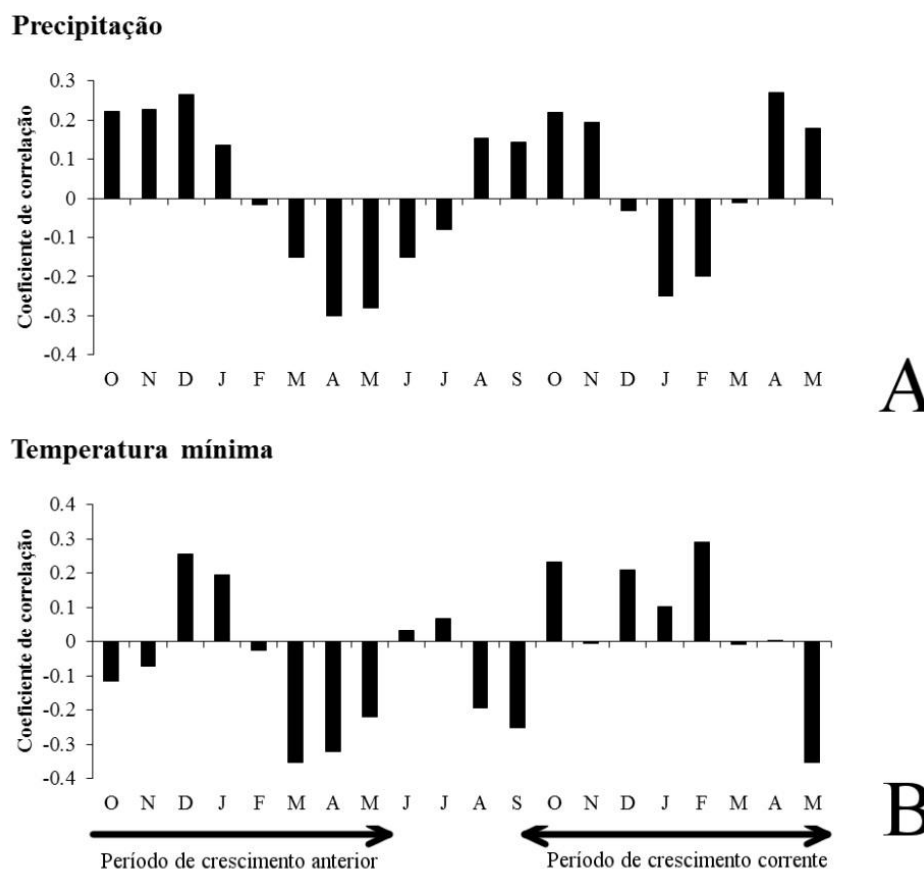


Figura 4. Correlações entre a largura dos anéis de crescimento de *C. fissilis* e precipitação média mensal e temperatura mínima média mensal. Setas identificam os períodos de crescimento do ano anterior e corrente. Para precipitação, os meses ao longo do eixo x referem-se ao mês central de um período acumulado de 3 meses, por exemplo: o coeficiente de correlação para o mês N é aquele entre o índice de crescimento corrente e a precipitação total de outubro até dezembro.

Figure 4. Correlations between the width of growth rings of *C. fissilis* and mean monthly rainfall and mean monthly minimum temperature. Arrows identify growth periods of current and previous year. For precipitation, the months on the x-axis refer to the central month of period of accumulated precipitation of 3 months, for example: the correlation coefficient for month N is the one between the total precipitation from October to December.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos confirmam a potencialidade da espécie *C. fissilis* para estudos dendrocronológicos em regiões subtropicais (TOMAZELLO-FILHO *et al.*, 2000). Contudo, a acurácia de datação dos indivíduos pode ser dificultada por fatores relacionados à estrutura da floresta. Para os indivíduos estudados na região do litoral, amostras com uma maior área de observação e o controle das amostras com alguns discos completos de madeira poderiam melhorar a qualidade da cronologia. Outro fator a ser refletido é a seleção mais rigorosa dos indivíduos, procurando-se optar por árvores que apresentem mesma condição de copa, proximidade à cursos d'água, trilhas, semelhantes condições de solo, entre outros, de maneira a minimizar fatores que eventualmente poderiam gerar "ruídos" e encobririam os sinais climáticos. Contudo, em florestas bem estruturadas a ocorrência de *C. fissilis* é escassa (CARVALHO, 2003) e a escolha rigorosa dos espécimes poderia ter influências diretas na quantidade de amostras por área.

As árvores estudadas no planalto, por estarem em condições mais homogêneas de suprimento de água e luz, apresentaram melhores correlações e compuseram uma cronologia com sinal climático comum. Contudo, por ser uma cronologia pequena, com poucos anos analisados, as relações entre clima e crescimento encontradas não devem ser generalizadas para a espécie, mas sim caracterizam a população estudada.

REFERÊNCIAS

- ANGELO, H.; BRASIL, A. A.; SANTOS, J. Madeiras tropicais: análise econômica das principais espécies florestais exportadas. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 31, n. 2, p. 237-248, 2001.
- BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. The use of tree rings in tropical forest management: projecting timber yields of four Bolivian tree species. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 226, p. 256-26, 2006.
- BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. **Oecologia**, New York, v. 146, p. 1-12, 2005.
- BULTMAN, J. D.; SOUTHWELL, C. R. Natural resistance of tropical American woods to terrestrial wood-destroying organisms. **Biotropica**, Lawrence, v. 8, n. 2, p. 71-95, 1976.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2003.
- COOK, E.; KAIRIUKSTIS, L. **Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1989.
- COOK, E.R.; HOLMES, R.L. **Program ARSTAN users manual**. Tucson: The University of Arizona Press, 1984.
- DÜNISCH, O.; SCHROTH, G.; MORAIS, R. M.; EMBREICH, M. Water supply of *Swietenia macrophylla* King and *Carapa guianensis* Aubl. in three plantation systems. In: BAUCH, J.; DÜNISCH, O.; GASPAROTTO, L. **Investigations on tree species suitable for the recultivation of degraded land areas in Central Amazonia**. Hamburg: Bundesforschungsanstalt für Forst-und Holzwirtschaft, 1999. p.29-46
- DÜNISCH, O.; MONTÓIA, V. R.; BAUCH, J. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the Central Amazon. **Trees**, Heidelberg, v. 17, n. 3, p. 244-250, 2003.
- DÜNISCH, O. Influence of the El - nino southern oscillation on cambial growth of *Cedrela fissilis* Vell. In tropical and subtropical Brazil. **Journal of applied botany and food quality**, Hamburg, v. 79, n. 1, p. 5-11, 2005.
- FAHN, A.; BURLEY, J.; LONGMAN, K. A.; MARIAUX, A.; TOMLINSON, P. B. Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees. In: BORMANN, F. H.; BERLYN, G. **Age and growth rate of tropical trees: new directions for research**. New Haven: Yale University, 1981. p. 31-54.
- FRITTS, H. C. **Tree rings and climate**. California: Academic Press, 1976.
- GARTLAND, H. M.; VOGEL, H.; BOHREN, A. V.; GRANCE, L. A.; CABRAL, J. Ficha técnica de árvores de Missões: *Cedrela fissilis* Vell. Aspectos dendrológicos. Yvyrearetá, **Eldorado**, v. 7, n. 7, p. 38-41, 1996.
- GONZÁLES T. G. E. Propiedades de la madera de algunas meliáceas de la América tropical. **Turrialba**, San José, v. 3, p. 8-13, 1976.
- HÖLL W. Seasonal fluctuation of reserve materials in the trunk wood of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). **Journal Plant Physiology**, Stuttgart, v. 117, p.355, 1985.
- HOLMES, R. L.; ADAMS, R. K.; FRITTS, H. C. Quality control of crossdating and measuring: a user's manual for program COFECHA. In: HOLMES, R. L.; ADAMS, R. K.; FRITTS, H. C. **Tree-ring chronologies of Western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin**. Tucson: The University of Arizona Press, 1986.
- IWASAKI-MAROCHI, C. **Anéis anuais de crescimento de Cedro (*Cedrela fissilis* – Meliaceae) aplicados à avaliação da taxa de crescimento e dendroclimatologia**. 140f. Tese – (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

- JACOBY, G. C. Overview of tree-ring analysis in tropical regions. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n. 2, p. 99-108, 1989.
- LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M.; PERALTA, R. HARTSHORN, G. S. Mortality Patterns and Stand Turnover Rates in a Wet Tropical Forest in Costa Rica. **Journal of Ecology**, London, v. 73, n. 3, p. 915-924, 1985.
- LOBÃO, M. S. **Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil.** 2011. 209 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2011.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa, Plantarum, 1992.
- MARCATI, C. R.; ANGYALOSSY, V.; EVERT, R. F. **Seasonal variation in wood formation of *Cedrela fissilis* (Meliaceae).** IAWA Journal, Leiden, v. 27, n. 2, p. 199-211, 2006.
- PALLARDY, S. G.; KOZLOWSKI, T. T. 3.ed. **Physiology of Woody Plants.** Burlington: Academic press, 2008.
- PENNINGTON, T. D.; SARUKÁN, J. **Árboles Tropicales de México : manual para la identificación de las principales especies.** 2.ed. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1998.
- RAUBER, C.R. **Dendroecologia de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) em um ecótono de Florestas Subtropicais Montanas no Brasil.** 2010. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.
- ROZENDAALL, D. M. A.; ZUIDEMA, P. A. Dendroecology in the tropics: a review. **Trees**, Heidelberg, v. 25, n. 1, 2011, p. 3-16, 2011.
- SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree rings and environment: Dendroecology.** Berne: Paul Haupt, 1996.
- SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree rings: basics and applications of dendrochronology.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989.
- SPEER, J. H. **Fundamentals of tree-rings research.** Tucson: The University of Arizona Press, 2010.
- 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**, Amsterdam, v. 124, p. 217-229, 1999.
- TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. Potencialidade da família Meliaceae para dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais. In: ROIG, F. A. **Dendrocronología en América Latina.** Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 381-431.
- WORBES, M. Annual growth rings, rainfall - dependent growth and longterm growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. **Journal of Ecology**, London, v. 87, n. 3, p. 391-403, 1999.
- WORBES, M. Growth rings, increment and age of trees in inundation forests, savannas and a mountain forest in the neotropics. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n.1, p.109-122, 1989.
- WORBES, M. One hundred years of tree-ring research in the tropics - a brief history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, München, v. 20 v. 1-2, p. 217-231, 2002.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do acompanhamento fenológico, crescimento em circunferência do tronco, atividade cambial e a análise de séries temporais de largura de anéis de crescimento de *Cedrela fissilis* em diferentes tipologias de Florestas Ombrófilas no estado do Paraná demonstram que:

- A fenologia da espécie sofre forte influência climática, principalmente da variação fotoperíodo e da temperatura. Como em nenhuma das áreas de estudo há uma estação seca bem definida, a precipitação atua de maneira secundária na definição de padrões nessas áreas e para essa espécie.

- Apesar das áreas de estudo não demonstrarem forte sazonalidade climática, as fenofases da espécie em estudo são fortemente sazonais.

- O crescimento em circunferência da espécie é dependente das condições climáticas (luz e temperatura) e recursos (precipitação e nutrientes). Entretanto, em florestas maduras e bem estruturadas, a competição interespecífica parece regular mais fortemente o crescimento diametral da espécie.

- Em decorrência do período de estacionalidade de crescimento, durante a estação decídua dos indivíduos, a espécie forma anéis de crescimento anuais e anatomicamente distintos. Contudo, as características anatômicas, ou flutuações anatômicas intraanuais, dos anéis de crescimento podem se desenvolver no lenho dos indivíduos em virtude de outros fatores, ainda pouco estudados. Nesse estudo, a maior frequência dessas anomalias foi encontrada em uma floresta madura e bem estruturada.

- A espécie confirmou seu potencial na aplicação da dendrocronologia, sendo os indivíduos passíveis de datação cruzada. Quando em condições altamente semelhantes de crescimento, as árvores apresentam elevando sincronismo de crescimento e baixa frequência de anéis de crescimento falsos. Quando presentes em condições de alta competição, os indivíduos demonstram tendências individuais de crescimento.

- Os anéis de crescimento da espécie apresentam potencial para estudos climáticos, sendo o crescimento da espécie sensível a quantidade de precipitação da

estação de crescimento anterior e corrente e das condições de temperaturas das mesmas estações.

•Os resultados apresentados são inéditos para as áreas de estudo e trazem informações relevantes sobre o comportamento da espécie *Cedrela fissilis*. Contribuem para o avanço dos estudos fenológicos e reconhecimento dos padrões de crescimento das espécies nas diferentes tipologias de ambientes da Floresta Atlântica.

ANEXO 01 – VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS DOS INDIVÍDUOS DE *Cedrela fissilis*.

TABELA 1 – VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS DOS INDIVÍDUOS.

INDIVÍDUO	CAP	ALTURA (ESTIMADA)
JARDIM BOTÂNICO		
01	78	10
02	85	10
03	102.5	13
04	93	12
05	97	12
06	96	12
07	126	09
08	76	09
COPEL		
01	36.5	07
02	112	12
03	168	13
04	71	10
05	76	09
06	173	11
07	96	11
08	145	12
09	122	13
SPVS		
01	149	14
02	72	08
03	82	10
04	51	7.5
05	48	8
06	95	11
07	74	10

ANEXO 02 – NORMAS DA REVISTA FLORESTA UFPR.

Diretrizes para Autores

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

A **Revista Floresta** admite artigos originais de contribuição científica em ciência florestal e áreas afins, em português, espanhol e inglês, tendo como principal objetivo primar pela qualidade dos trabalhos publicados, contribuindo para a disseminação do conhecimento florestal a fim de se tornar referência para o desenvolvimento da pesquisa na área de Ciências Agrárias.

Os trabalhos publicados na Revista Floresta são de inteira responsabilidade de seus autores, cientes de que são artigos originais e inéditos, ficando implícito que o mesmo não tenha sido e não seja submetido para publicação em nenhum outro veículo de divulgação. À Revista é permitida a reprodução dos seus artigos.

Fica explícita a concordância dos autores às normas da Revista, bem como, no desenvolvimento do trabalho, a observância dos aspectos éticos e o respeito à legislação vigente do "copyright". Quando apropriado, deverá ser mencionado que o trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética e Biossegurança da Instituição de origem do autor.

Manuscritos submetidos serão analisados primeiramente por um dos Editores Científicos, e se não estiverem em acordo com as normas, serão devolvidos aos autores para ajustes. Após retorno, e se o trabalho estiver nas normas, será submetido a avaliação de no mínimo dois revisores *ad hoc*. Ao(s) autor(es) caberá a tarefa de implementar sugestões/correções dos revisores ou justificar o que não foi implementado. Caberá ao Conselho Editorial a decisão final sobre a publicação ou não do artigo. Artigos classificados como nota técnica ou como revisão não serão aceitos.

Submissão

Os interessados em publicar na Revista Floresta deverão enviar seus trabalhos pelo Sistema Eletrônico de Revistas (SER) pelo site www.ser.ufpr.br/floresta.

A avaliação de artigos fica subordinada ao pagamento de uma taxa de submissão de R\$ 50,00 (este valor depositado não será devolvido). Após o aceite será cobrada uma taxa de R\$ 20,00 por página. Os depósitos deverão ser efetuados em favor da Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, CNPJ: 75.045.104/0001-11, no Banco Itaú, agência 3812, conta corrente 26918-5. O comprovante deverá ser anexado no momento da submissão como DOCUMENTO SUPLEMENTAR. Para submissões internacionais favor entrar em contato (revista_floresta@ufpr.br).

Não serão aceitos trabalhos de revisão ou nota técnica.

Organização e estrutura

Fomatação: fonte Times New Roman, tamanho 10, tabulação de 1,25 cm, editor de texto Microsoft Word, folha em formato A4, orientação retrato, espaçamento simples, com margem superior de 3,0 cm, inferior de 3,0 cm, esquerda de 3,5 cm, direita de 2,5 cm, cabeçalho e rodapé com margem de 1,5 cm. Todos os itens (introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões e referências) devem estar em negrito à esquerda, não numerados e em caixa alta. Quando houver subitem, deverá ser obedecida a seguinte ordem: o segundo subitem deverá ser em negrito, em caixa baixa, somente a primeira inicial maiúscula; o terceiro subitem igual ao segundo, sem negrito. Não é permitido o uso de anexos.

Citações: devem seguir o sistema de nome e ano; as citações que estiverem em texto corrente devem estar em caixa baixa; aquelas entre parênteses, devem estar em caixa alta. Quando houver três ou mais autores, a citação será feita utilizando-se “*et al.*” (todos os autores deverão ser citados nas referências). Ex.: Oliveira (1991); Silva e Machado (1989); Santos *et al.* (1987); (LIMA, 1990); (SILVA; MACHADO, 1989); (LIMA *et al.*, 1990). Quando houver mais de uma referência do mesmo autor em um mesmo ano, essas deverão ser distinguidas por letra minúscula após a data. Ex.: Coelho (1988a); Coelho (1988b).

Tabelas e figuras: deverão ser incluídas ao longo do texto, com títulos em caixa baixa, exceto a letra inicial, em português e em inglês. As figuras (gráficos e fotografias) devem ser preto e branco, sem sombreamento e sem contorno. As dimensões (largura e altura) não podem ser maiores que 15 cm, sempre com orientação da página na forma retrato e legendas, quando houver, na fonte Times New Roman, não-negrito e não-italico. Os mapas e fotomicrografias devem ter escala gráfica. As tabelas devem ser produzidas em editor de texto (Word) e não podem ser inseridas no texto como figuras. A soma do número de figuras e tabelas não deve ultrapassar 8.

Nomes científicos: quando citados pela primeira vez no texto, sejam escritos na íntegra: gênero, espécie e autor(es).

Siglas e abreviaturas: ao aparecerem pela primeira vez no artigo, sejam colocadas entre parênteses e precedidas do nome por extenso.

Número de páginas: até 12 páginas em espaço simples.

Título: centralizado, sem negrito, em caixa alta, em fonte Times New Roman, tamanho 14, não ultrapassando 20 palavras.

Autor(es): logo abaixo do título, centralizado(s), chamamento com número, somente a primeira inicial maiúscula. Abaixo do(s) nome(s) do(s) autor(es), separado(s) por apenas um espaço, em fonte Times New Roman, tamanho 8, devem vir as seguintes informações: formação acadêmica, titulação máxima, instituição a que pertence(m) e endereço eletrônico. **Estas informações devem ser cadastradas no Sistema Eletrônico de Revistas (SER) no ato da submissão.**

Resumo e abstract: tenham somente as suas iniciais maiúsculas, estejam centralizados e em negrito, e os seus textos redigidos num único parágrafo, não excedendo **200 palavras**. No final do resumo e do *abstract* devem ser incluídas até cinco palavras-chave e *keywords* respectivamente, diferentes das contidas no título. No início do *abstract* deve constar o título do artigo em itálico.

Introdução: deve apresentar a relevância do estudo, o estado atual do conhecimento sobre o assunto, a hipótese e os objetivos do trabalho.

Revisão bibliográfica: (pode estar contida na introdução).

Material e métodos.

Resultados e discussão: (apresentados separadamente ou combinados).

Conclusões.

Agradecimentos (se houver).

Referências: devem estar em ordem alfabética, seguindo as normas da ABNT, assim como outros aspectos não contemplados nesta normativa, conforme exemplos abaixo:

a) Livro:

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas; Colombo: Embrapa Florestas, 2010. v. 4. 644 p.

b) Capítulo de livro:

NUNES, J. R. S. Índices de perigo de incêndios florestais: a experiência paranaense. In: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Incêndios florestais no Brasil: o estado da arte**. Curitiba, 2009. p. 53 - 108.

c) Tese, dissertação e monografia:

BELINI, U. L. **Caracterização e alterações na estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus grandis* em três condições de desfibramento e efeito nas propriedades tecnológicas de painéis MDF**. 90 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2007.

d) Artigo de periódico:

CUSACK, D.; MONTAGNINI, F. The role of native species in plantations in recovery of understory woody diversity in degraded pasturelands of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 188, p. 1 - 15, 2004.

e) Trabalho em evento científico:

MAZUCHOWSKI, J. Z.; MACCARI JUNIOR, A.; SILVA, E. T. da. Influência de diferentes condições de radiação solar sobre o crescimento morfológico da erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.). In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 3., 2003, Chapecó. **Anais do...** Chapecó: EPAGRI, 2003. 1 CD-ROM.

GALDINO, A. P. P.; BRITO, J. O.; GARCIA, R. F.; SCOLFORO, J. R. Estudo sobre o rendimento e a qualidade do óleo essencial de candeia (*Eremanthus* sp.) e a influência das diferentes origens da sua madeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS: DIAGNÓSTICOS E PERSPECTIVAS, 2., 2003, Campinas. **Anais do...** Campinas, 2003. p. 31.

f) Internet:

BANU, N. A.; SINGH, B.; COPELAND, L. **Influence of copper on soil microbial biomass and biodiversity in some NSW soils**. Disponível em: <<http://www.regional.org.au/au/asssi/>>. Acesso em: 04/01/2009.

g) Legislação:

BRASIL. Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 set. 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm>. Acesso em: 07/03/2012.

Itens de Verificação para Submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. Os artigos submetidos à Revista Floresta não devem exceder a 12 páginas em espaçamento simples.
2. O comprovante de depósito no valor de R\$ 50,00 para cada submissão será anexado como DOCUMENTO COMPLEMENTAR.
3. A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista; caso contrário, justificar em "Comentários ao Editor".
4. Os arquivos para submissão estão em formato Microsoft Word, OpenOffice ou RTF (desde que não ultrapasse os 10MB)
5. Todos os endereços de URLs no texto (Ex.: <http://www.ibict.br>) estão ativos e prontos para clicar.
6. O texto está em espaço simples; usa uma fonte de 10-pontos; emprega itálico ao invés de sublinhar (exceto em endereços URL); com figuras e tabelas inseridas no texto, e não em seu final.
7. O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em [Diretrizes para Autores](#), na seção Sobre a Revista.

Declaração de Direito Autoral

Direitos Autorais para artigos publicados nesta revista são do autor, com direitos de primeira publicação para a revista. Em virtude de aparecerem nesta revista de acesso público, os artigos são de uso gratuito, com atribuições próprias, em aplicações educacionais e não-comerciais.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços de email neste site serão usados exclusivamente para os propósitos da revista, não estando disponíveis para outros fins.